+ # ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MAI 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 5 mai 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de Sir **Charles Sherrington** pour occuper, parmi les Associés étrangers, la place vacante par le décès de M. *Vito Volterra*.

Il est donné lecture de ce décret.

Notice nécrologique sur Paul Pelseneer, par M. **Maurice Caullery**.

Paul Pelseneer, Correspondant de l'Académie depuis le 16 février 1931, s'est éteint, le 5 mai 1945, à Bruxelles, où il était né le 26 juin 1863. Il arrivait à la fin de sa 82e année. Sa vie tout entière a été consacrée à la science, avec une continuité et une rectitude qu'on ne saurait trop louer.

Il avait complété ses études, faites à l'Université libre de Bruxelles, et sa formation zoologique, en allant suivre l'enseignement et la vie de laboratoire de deux des maîtres les plus éminents de la génération de ses aînés, Alfred Giard à Lille et Edwin Ray Lankester à Londres. Tous deux étaient alors parmi les protagonistes les plus ardents et les plus brillants des doctrines évolutionnistes. Ce sont eux qui ont achevé de modeler son esprit et d'y préciser les idées directrices auxquelles il est resté fidèle pendant toute sa carrière. Celle-ci aurait largement mérité d'être plus favorisée et plus brillante. Mais Pelseneer était un homme de caractère, qui ne voulait pas composer avec les contingences. Fermement attaché à la liberté de pensée et sans d'ailleurs jamais manifester bruyamment, il a souffert, pendant toute sa maturité, d'un ostracisme systématique des pouvoirs publics, et il a été écarté, lors de toutes les vacances qui se sont produites, des chaires de Zoologie des Universités belges, pour lesquelles les spécialistes le désignaient. Ainsi tenu à l'écart de l'enseignement supérieur officiel, il a été, jusqu'en 1919, confiné dans les fonctions de professeur de Chimie à l'École Normale de Gand. Il s'y acquittait de son enseignement avec une conscience scrupuleuse, mais sa vie scientifique

s'accomplissait à son domicile privé, où il s'était organisé un très modeste laboratoire, à l'aide de ses seules ressources personnelles, et où il travaillait avec ardeur. Il y a réalisé une œuvre aussi solide que considérable et qui a eu, en Belgique et au dehors, un écho étendu. Il a été ainsi élu Correspondant puis, dès 1903, Membre de la classe des Sciences de l'Académie de Bruxelles.

En 1919, ses Confrères des trois classes de l'Académie Royale lui ont donné un témoignage éclatant de leur haute estime en l'élisant Secrétaire perpétuel. Il a exercé ces fonctions jusqu'à l'âge de 72 ans (1935), qui avait été récemment fixé comme celui de la retraite. Cela ne lui fournissait pas de laboratoire, et c'est toujours à son domicile privé qu'il a continué à travailler sans défaillance, jusqu'au jour où la perte de la vue l'a condamné au repos. Il a supporté stoïquement cette cruelle épreuve, qui a été adoucie par l'affection dévouée de Mme Pelseneer; les années qui viennent de s'écouler ont été pour l'un et l'autre particulièrement difficiles et pénibles.

L'œuvre scientifique de P. Pelseneer a été limitée dans son cadre par les très modestes moyens de travail dont il disposait en l'absence d'une chaire d'Université et de tout laboratoire officiel. Il n'a pas moins réussi à lui donner une grande ampleur et elle porte bien la marque de sa personnalité, par son unité et sa cohérence. Elle est orientée tout entière vers une illustration de la théorie de l'évolution, étudiée de façon approfondie et méthodique chez les Mollusques, sur le terrain de l'anatomie comparée, de l'embryologie et de l'éthologie. Il a publié, sur tous les groupes de cet embranchement, de très nombreux et importants Mémoires, qui se distinguent par la sobriété austère de l'expression et par la netteté. Pelseneer a certainement apporté, en ce domaine, une des contributions les plus marquantes de son époque, et dont l'intérêt déborde le groupe lui-même. Il a pu étudier des types exotiques significatifs; mais surtout, sur les plages de la côte boulonnaise et dans l'orbite de la Station Zoologique de Wimereux, dont il a été, pendant plus de cinquante ans, l'un des plus fidèles collaborateurs, il a réussi à mettre en lumière toute une série de formes, qui, soit dans leur embryogénie, soit dans leur éthologie, lui ont fourni la matière de remarquables travaux. Je ne puis ici entrer dans le détail de cette œuvre très étendue. Sa maîtrise est attestée par le fait que E. Ray Lankester avait confié à Pelseneer le soin de rédiger le volume consacré aux Mollusques, dans son important *Treatise on Zoology*. Pelseneer s'est brillamment acquitté de cette tâche et cet ouvrage porte bien la marque de son esprit.

Pelseneer s'intéressait avec autant d'ardeur, de continuité et d'optimisme à la vie scientifique internationale. Il était un participant fidèle et actif des Congrès internationaux de Zoologie. Il suivait avec une attention et une bienveillance spéciales les efforts de la zoologie française, et il a certainement éprouvé beaucoup de satisfaction d'avoir été élu Correspondant de notre Académie.

On mesurera son désintéressement et la sincérité agissante de ses convictions dans le fait qu'ayant reçu en 1912 le prix décennal des Sciences Zoologiques (ce qui avait été un témoignage particulièrement significatif de l'estime du monde scientifique belge), il en consacra le montant (doublé par lui-même), à la fondation, à l'Académie de Bruxelles, d'un prix Lamarck, destiné à récompenser l'auteur « dont les travaux auront apporté le plus de faits et d'éclaircissements nouveaux relativement à l'Évolution du règne animal ou à la phylogénie zoologique ».

Ses qualités d'esprit et de caractère lui avaient valu, dans son pays, de déférentes et sincères amitiés, qui se sont manifestées publiquement à diverses reprises et, de façon particulièrement discrète et touchante, au cours de ces dernières et pénibles années. Il laisse à tous ceux qui l'ont connu un souvenir et des regrets qui ne s'effaceront pas.

Notice nécrologique sur **Maurice Arthus** par M. **Léon Binet**.

Aux derniers jours de février se mourait à Fribourg, dans sa 84e année, un biologiste français qui a magnifiquement servi son pays et la physiologie : **Maurice Arthus**, Correspondant de l'Institut, Membre Associé de l'Académie de Médecine, qui lui avait décerné le prix Albert Ier de Monaco, Arthus laisse une œuvre considérable que nous voudrions résumer après avoir exposé les diverses étapes de sa vie.

Né à Angers en 1862, M. Arthus s'orienta d'abord vers la préparation à l'École Polytechnique : il bifurqua ensuite vers le Doctorat ès Sciences Physiques et définitivement vers la Biologie et plus spécialement la Physiologie. Elève de Dastre, il fut nommé Maître de Conférences à la Sorbonne, poste qu'il quitta en 1897 pour devenir Professeur de Physiologie et de Bactériologie à l'Université de Fribourg, en Suisse. En 1901 il devint le collaborateur de Calmette à l'Institut Pasteur de Lille; en 1903 il fut nommé Professeur à l'École de Médecine de Marseille et il y restera jusqu'en 1907. A cette date il rentra en Suisse, nommé Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Lausanne, poste qu'il devait occuper 25 ans; c'est là qu'il fit la plus grande partie de ses travaux. En plus de l'enseignement régulier et des recherches de laboratoire, il y organisa plusieurs fois un cours spécial dénommé *Les trois semaines de recherches biologiques expérimentales* auquel assistèrent des représentants de la Biologie et de la Physiologie de quinze nations et qui étaient une démonstration pratique de la méthode de recherche expérimentale telle que la concevait Claude Bernard.

Mis à la retraite en 1932, il se fixa à Fribourg, où il assuma la Direction de l'Institut de Bactériologie et d'Hygiène jusqu'en l'an 1942. Il prit alors une retraite définitive, continuant son œuvre de conférencier dans diverses Écoles

de la ville. Quinze jours avant son décès, il rédigeait encore un travail sur l'organisation de l'enseignement technique de la Physiologie.

Parmi les travaux de Maurice Arthus, trois ordres de sujets surtout s'imposent à l'attention.

Dès 1890, Arthus s'est occupé de la *coagulabilité des liquides de l'organisme*. Dans une série de remarquables communications, il a étudié la coagulabilité du sang et celle du lait; il a observé ce fait fondamental que la présence de calcium est indispensable pour que la coagulation se produise. En décalcifiant les plasmas, il leur a fait perdre leur coagulabilité et la leur a restituée en les recalcifiant. Son travail sur l'action anticoagulante du citrate de soude est d'une importance capitale. D'autre part il s'est attaché à l'étude du fibrinferment et des variations de la coagulabilité du sang suivant les prises successives, suivant l'état de la plaie, autant de questions qui intéressent au plus haut point la Physiologie chirurgicale.

Étudiant la coagulabilité du lait, il eut l'occasion de faire une observation qui n'a pas manqué de surprendre. Du lait introduit dans l'estomac de l'Homme est rapidement caséifié (5 minutes au maximum) et le lactosérum contient de la présure : de l'eau, introduite dans l'estomac et retirée après un séjour de 15 à 20 minutes, ne possède aucun pouvoir caséifiant *in vitro*. Le lait possède donc la propriété, qui lui est spécifique, de provoquer une sécrétion caséifiante : c'est le pouvoir labogénique du lait.

Ce fait, communiqué par Arthus à la Société de Biologie, nous semble d'une grande importance physiologique. Nous croyons devoir le rapprocher des observations de Bierry, qui nous a appris que le saccharose introduit dans l'intestin attire l'invertine; dans le même sens, de l'huile introduite dans une anse intestinale a le pouvoir d'attirer la lipase, comme nous avons eu l'occasion de le souligner avec H. Roger. Ainsi tout se passe comme s'il y avait une livraison de ferments sur demande : la demande, dans l'expérience d'Arthus, est faite par le lait qui appelle et entraîne une sécrétion du ferment utile.

D'autre part, Arthus a fait de très remarquables recherches sur *les venins et les sérums antivenimeux*. Ses études sur les venins des Serpents, sur le venin d'Abeille, sont devenues classiques : il a étudié les phases physiopathologiques de l'intoxication venimeuse et il a montré qu'il était possible d'instituer, avec quelques chances de succès, une thérapeutique curative à la période des premiers accidents. On doit relire avec soin les huit solides mémoires qu'il a publiés dans le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale* sur les venins. Il a confirmé et étendu cette notion, due à Ramon, que la toxicité du venin de Cobra se trouve atténuée par addition de formol; ses expériences sur les anatoxines venimeuses, qu'il a appelées *anavenins*, sont remarquables par leur précision et par leur portée.

Mais, dans son œuvre scientifique, ses expériences sur l'anaphylaxie publiées dès 1903 restent le fait dominant; on nous permettra d'y insister.

En 1902, Charles Richet et Paul Portier étudiaient l'action toxique des Actinies; ils démontraient qu'une dose d'extrait de ces animaux, injectée à un Chien neuf, n'affectait aucunement l'animal normal, mais tuait le Chien préparé, sensibilisé par une injection antérieure. C'était la découverte de l'anaphylaxie générale.

De son côté Maurice Arthus a constaté que le sérum de Cheval, inoffensif pour le Lapin neuf, détermine chez le Lapin, préparé par injection préalable de ce sérum, des accidents divers locaux ou généraux, primitifs ou tardifs. Il est ainsi conduit à découvrir l'anaphylaxie sérique et d'autre part et surtout il a montré l'existence de ce qu'on appelle couramment aujourd'hui *l'anaphylaxie locale* ou phénomène d'Arthus.

Expérimentant sur le Lapin, il étudiait la sensibilité de cet animal vis-à-vis du sérum de Cheval. En renouvelant les injections de sérum à des intervalles déterminés, il remarqua que ce dernier se résorbait facilement, puis, à partir de la quatrième injection, le sérum donnait lieu à une infiltration locale. Molle d'abord, cette infiltration devenait indurée après la cinquième injection et elle prenait l'aspect gangréneux lors des injections ultérieures. Les mêmes phénomènes s'observaient lorsque les injections, faites d'abord dans le péritoine, étaient secondairement suivies d'injection sous la peau.

Des réactions analogues ont été obtenues avec du lait. Cette réaction est strictement spécifique : les animaux préalablement traités par du lait se montrent sensibles vis-à-vis d'une nouvelle injection de lait et non pas vis-à-vis d'une injection de sérum. Comme l'a dit Arthus, « le Lapin anaphylactisé par et pour le sérum ne l'est pas pour le lait, et inversement ».

Depuis 40 ans Biologistes et Médecins ont repris, étudié, et analysé l'anaphylaxie locale. L'accord est universel pour rendre hommage à Arthus, dont les communications de 1903 méritent d'être lues et méditées.

Charles Richet, Paul Portier, Maurice Arthus sont trois noms intimement et définitivement liés à l'histoire de l'anaphylaxie : la science française en éprouve une fierté profonde.

Telle est l'œuvre biologique de Maurice Arthus, dont les ouvrages sont dans les bibliothèques du monde entier, traduits en de nombreuses langues : citons parmi eux : *La physiologie. Méthode, Résultats, Hypothèses. — De l'anaphylaxie à l'immunité. — Précis de Chimie physiologique. — Précis de Physiologie microbienne* et surtout son *Précis de Physiologie*.

L'auteur nous dit lui-même, quelque part, le but qu'il a cherché : « Je me suis appliqué avant tout à développer chez mes lecteurs, comme chez mes élèves, l'esprit scientifique expérimental et à leur faire *connaître, admirer* et *aimer* la méthode expérimentale, pour qu'ils en soient dans l'avenir les serviteurs passionnés. »

Par son travail acharné et productif, par son enseignement lumineux et vivant, Arthus fut un précieux ambassadeur de la Science française à

l'Étranger : ce savant ne manqua pas de s'élever à chaque instant contre ces écrits enrichis d'une bibliographie anarchique, chargés d'une érudition chaotique; il critiquait ces mémoires, alourdis de hors-d'œuvre et d'à-côté, qui sont obscurs et complexes. En un mot, Arthus se présenta comme *invariablement latin*. L'œuvre qu'il a signée est une magnifique et impérissable œuvre française.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les zones structurales du relief terrestre; la zone tropicale*. Note de M. EMMANUEL DE MARTONNE.

J'ai pu dresser pour l'*Atlas de France* une carte morphologique de la France en 4 feuilles à 1/1 000 000, qui a été présentée à l'Académie il y a plusieurs années. Cette carte d'un type tout nouveau a conduit à des conclusions si intéressantes qu'il a paru utile d'essayer une application beaucoup plus large de son principe. Telle est l'origine du planisphère structural que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. C'est une tentative audacieuse, même aujourd'hui, et qui n'aurait pu être envisagée avant les progrès récents des reconnaissances géographiques et géologiques dans les pays tropicaux ou dans les hautes latitudes. Elle ne diffère pas seulement par l'échelle et le degré de généralisation de la carte morphologique de la France, mais par le groupement des accidents caractéristiques, visant à définir des types de régions structurales. Elle se rapproche ainsi davantage des cartes géologiques, mais en diffère encore profondément. Négligeant bien des détails donnés par ces cartes, elle fait état de différences, importantes pour la morphologie, qui n'y sont pas considérées à des échelles comparables, particulièrement celle des sédiments marins et continentaux, des plissements récents ou anciens.

L'image, entièrement nouvelle, qui s'offre à nous frappe surtout par la répartition zonale de deux types de structure, correspondant chacun à une famille de formes et même à des ensembles régionaux radicalement opposés : celui des structures de plissements récents, qu'on peut encore qualifier de plissements alpins, affectant des séries épaisses de sédiments marins géosynclinaux et donnant les plus hauts reliefs dont les crêtes, dépassant largement 2 et 3000^m, s'ordonnent en longs rubans plus ou moins festonnés; et celui des structures de plissements anciens, nivelés par l'érosion et formant des plates-formes ou socles, recouverts, sur de grandes étendues, par des sédiments qui sont restés insensibles aux plissements depuis le Paléozoïque récent pour le moins, parfois même depuis le Cambrien. Ces sédiments, le plus souvent continentaux, témoignent de vicissitudes paléoclimatiques singulières : les dépôts de vastes calottes glaciaires peuvent y alterner avec des couches de houille, indiquant la chaleur et l'humidité, et avec des grès azoïques, qui indiquent d'anciens

déserts. Les vieux socles correspondent à des régions de relief peu différencié, sans contrastes brutaux; des plaines ou des cuvettes, des plateaux, dépassant très rarement 2000m d'altitude, sauf le cas de fractures avec jeu de blocs faillés et volcanisme édifiant des reliefs postiches.

On est frappé de voir que le second type de structure est nettement prédominant dans la zone tropicale. Si celle-ci est limitée non pas strictement par les deux tropiques, mais par la dorsale barométrique séparant le domaine des alizés du domaine des vents d'Ouest, la proportion de vieux socles rigides atteint 85 %. Toute l'Afrique lui appartient, à l'exception de l'Atlas et des chaînons à structure appalachienne du Cap; toute l'Amérique du Sud, sauf la chaîne des Andes, toute l'Arabie et le Dekkan, et presque toute l'Australie.

Sans doute existe-t-il, en dehors de la zone tropicale, des pays de même structure, la plupart groupés à des latitudes élevées : *Bouclier Canadien* et *Bouclier scandinave* de Édouard Suess, Plate-forme de l'Angara et Bouclier de l'Anabar en Sibérie. Mais l'étendue de ces vieux socles, qu'on est porté à s'exagérer si on les considère sur un planisphère en projection non équivalente (Mercator en particulier), est bien loin d'égaler celle des plates-formes tropicales.

Celles-ci offrent partout un complexe de formes du relief dont l'interprétation peut être facilitée par la connaissance que nous avons de la zone hercynienne en Europe, où la sculpture par l'érosion de la couverture et ses rapports avec les affleurements des vieux socles ont fait l'objet d'analyses géographiques approfondies. On y retrouve les reliefs monoclinaux qualifiés de *côtes* ou *cuestas*, avec leur tracé festonné par les percées conséquentes des rivières, les captures, les buttes-témoins. On commence à y reconnaître des surfaces d'érosion tronquant le front des côtes et le socle ancien. Et il apparaît que les vieux continents tropicaux offrent toutes ces formes avec une ampleur, des dimensions, une complexité dont rien n'approche. Le planisphère présenté en donne une idée très générale par le tracé des *côtes* qui ont été reconnues ou dont la découverte peut être sûrement attendue. Dans l'A. O. F. les plateaux de grès cambriens du Fouta Djalon et du pays Mandingue se terminent par une côte qui se développe sur près de 1000km avec un commandement de 4 à 500m qui atteint 1000m à la *falaise de Bandiagara* et aux pitons fantastiques du Hombari [1]. Les Tassili qui enveloppent le Hoggar sont les côtes les plus abruptes et les plus fières du Sahara [2].

Dans l'Amérique du Sud les *chapadas* du Brésil, au Sud de l'Amazone, offrent l'ensemble probablement le plus remarquable de ces reliefs. La

---

(1) Urvoy, *Mém. Institut d'études de l'Afrique noire*, Paris, 1942.

(2) R. Perret, *Annales de Géographie*, 47, 1938, pp. 602-616.

côte des grès de Botucatu, la mieux connue, dans l'État de Sao Paulo, se développe sur 1200^{km} avec une altitude relative de 5 à 600^{m} [3]. Mais c'est à la frontière du Vénézuéla et de la Guyane britannique que la couverture gréseuse forme les reliefs les plus hardis, avec le Roraïma, véritable montagne de 2500^{m} dont les falaises sont hautes de 1200^{m} [4].

Ces côtes ne diffèrent pas seulement par leurs dimensions de nos côtes européennes, mais par les faciès et l'âge de leurs couches, ainsi que leur degré d'évolution. Les assises résistantes sont rarement des calcaires, le plus souvent des grès, avec intercalations d'éruptif, dont la dureté favorise la formation de corniches (particulièrement en A. O. F. et au Brésil). L'âge des séries de couverture, qui ne remonte pas dans notre zone hercynienne plus haut que le début du Mésozoïque, peut aller jusqu'au début du Paléozoïque dans la zone tropicale, où l'on distingue, notamment en Afrique, une série ancienne cambro-silurienne, et une série relativement récente permo-triasique, sans compter une série crétacée et éocène. Il est naturel que les côtes de la série la plus ancienne soient en général plus évoluées que dans notre zone hercynienne, ayant reculé très loin et se réduisant parfois à des séries de bastions avancés avec buttes-témoins entre les percées fluviales. Le cas où une série récente a fossilisé les formes d'une série ancienne, complication constatée en certains points de notre zone hercynienne, paraît être très fréquent dans la zone tropicale.

Ainsi à tous les points de vue, il n'est pas douteux que, si nous avions une connaissance suffisante de tous les continents, c'est à ceux de la zone tropicale que nous devrions demander les exemples les plus typiques, les plus impressionnants par leurs dimensions et leur complexité, des plates-formes anciennes avec leur couverture.

Nous connaissons encore moins bien la zone des *boucliers* des hautes latitudes, mais on doit s'attendre à y voir relever les mêmes phénomènes; les côtes bordant le bouclier canadien en ont déjà montré quelques exemples; et les progrès récents des reconnaissances géographiques et géologiques en Sibérie permettent d'en deviner de plus intéressants.

Le dispositif zonal des grandes zones structurales, particulièrement frappant dans les basses latitudes, est un fait qui n'a pas jusqu'ici suffisamment attiré l'attention. Son explication pose un problème dont la solution paraît encore réservée à l'avenir.

Cependant on peut constater que la netteté de ce dispositif, si remarquable dans l'Ancien Monde, est obscurcie dans le Nouveau Monde par le déroulement en direction méridienne du long ruban de chaînes de plissement allant de l'Alaska à la Patagonie.

---

(3) Em. de Martonne, *Annales de Géographie*, 49, 1940, pp. 1-27.

(4) G. H. Tate, *Geogr. Review*, 20, 1930, pp. 31-68.

La structure des Rocheuses aux États-Unis et même d'une partie des Andes en Bolivie, Argentine et Chili est assez connue pour qu'on y distingue, il est vrai, l'incorporation au bourrelet montagneux de fragments de vieux socles, dont l'ampleur est sans exemple dans nos chaînes alpines. C'est par là notamment que les Andes acquièrent une largeur double ou triple, justement dans la zone tropicale où se développe si largement le vieux socle brésilien.

Il semble qu'un plan structural propre au Nouveau Monde, imposé par des forces agissant dans le champ du Pacifique, interfère ici avec le plan structural qui domine exclusivement dans l'Ancien Monde. Les forces qui ont imposé à la plus grande partie de la surface de notre planète le plan zonal restent à découvrir.

NOMINATIONS.

L'**Académie des Sciences de l'Union des Républiques Soviétiques Socialistes** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Moscou et Léningrad, entre les 15 et 28 juin 1945, à l'occasion du *Deux-cent-vingtième anniversaire* de sa fondation.

M. **Maurice Caullery** est désigné.

ÉLECTIONS.

M. **Robert Bourgeois**, pour la Division des Sciences mathématiques; M. **Gabriel Bertrand**, pour la Division des Sciences physiques; M. **Maurice de Broglie**, pour la Section des Académiciens libres, sont réélus Membres du Conseil de la *Fondation Loutreuil* pour 1945, 1946, 1947.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : différente et discriminant; théorie intrinsèque de la ramification.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de mes Notes précédentes [1] et je me sers de leurs résultats. Quand on parlera de bornes, limites etc., de suites de nombres réels, il s'agira de ces notions dans l'ensemble ordonné de nombres semi-réels [1].

$\mathfrak{A}$ étant une chaîne décroissante (au sens large) d'ensembles, une fonction réelle f sera dite *définie asymptotiquement* (d. a.) *sur* $\mathfrak{A}$ s'il existe un $A \in \mathfrak{A}$ tel que f soit définie sur A. f étant une telle fonction, on lui attachera un objet $\tau_{\mathfrak{A}}(f)$, dit son *type de croissance sur* $\mathfrak{A}$, tel que $\tau_{\mathfrak{A}}(f) = \tau_{\mathfrak{A}}(g)$ équivaille

---

[1] *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 433-435, 539-541; **220**, 1945, pp. 28-30.

à l'existence d'un $A \in \mathfrak{A}$ où f, g soient partout définies et égales. On pose $\tau_{\mathfrak{A}}(f) \gg \tau_{\mathfrak{A}}(g)$ si, et seulement s'il existe un $A \in \mathfrak{A}$ tel que, pour tout $a \in A$, $f(a)$, $g(a)$ soient définies et $f(a) > g(a)$. T étant un ensemble *fini* de types de croissance sur $\mathfrak{A}$, soit, pour tout $\tau \in T$, f_τ une fonction réelle d. a. sur $\mathfrak{A}$ telle que $\tau_{\mathfrak{A}}(f_\tau) = \tau$, et soit $A \in \mathfrak{A}$ où toutes les f_τ, $\tau \in T$, soient partout définies. Si $f(a) = \operatorname{Min} f_\tau(a)$ ($a \in A$; τ parcourt T), $\tau_{\mathfrak{A}}(f)$, qui ne dépend que de T et non des choix des f_τ et de A, sera noté Min T et appelé le *minimum de* T. Soit $T_0, T_1, \ldots, T_m, T_{m+1}$ la suite d'ensembles définie comme suit : $T_0 = T$; si $0 \leqq q \leqq m$, T_{q+1} est l'ensemble des $\tau \in T_q$ tels que $\tau \gg \operatorname{Min} T_q$; $T_{m+1} \neq T_m$ est vide. T_q s'appelle la $q^{\text{ième}}$ *émergence de* T. Deux chaînes $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}'$ sont dites *équivalentes* si, pour tout $A \in \mathfrak{A}$, il existe un $A' \in \mathfrak{A}'$ tel que $A' \subseteq A$, et de même si l'on intervertit $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}'$. Alors une fonction réelle f est en même temps d. a. sur $\mathfrak{A}$ et sur $\mathfrak{A}'$ et $\tau_{\mathfrak{A}'}(f)$ peut être et sera identifié avec $\tau_{\mathfrak{A}}(f)$.

K/k étant une extension valuée, soit $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_z\}$ un ensemble de z éléments de K. L'idéal $\mathcal{D}(\Omega)$ de k, formé par les $\alpha \in k$ tels que $|\alpha| \leqq |\Delta|^2$, où Δ est le déterminant (indépendant du numérotage dans Ω) $|\sigma_i \omega_j|$ [$i, j = 1, 2, \ldots, z$; σ_i parcourt $Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$], s'appelle le *discriminant de* Ω *dans* K/k, et l'idéal $\mathfrak{D}(\Omega)$ tel que $\mathfrak{D}(\Omega)^z = \mathcal{D}(\Omega)$ s'appelle la *différente de* Ω *dans* K/k. Si $\alpha \in K$ et si $\Omega_\alpha = \{1, \alpha, \ldots, \alpha^{z-1}\}$, $\mathcal{D}(\Omega_\alpha)$, $\mathfrak{D}(\Omega_\alpha)$ seront notés $\mathcal{D}^{(\alpha)}_{K/k}$, $\mathfrak{D}^{(\alpha)}_{K/k}$ et appelés le *discriminant* et la *différente de* K/k *en* α. On a $|\mathfrak{D}^{(\alpha)}_{K/k}| = |f'_{K/k,\alpha}(\alpha)|$, où $f_{K/k,\alpha}(x)$ est le polynome caractéristique de α dans K/k. Les p. g. c. d. des $\mathcal{D}(\Omega)$, $\mathfrak{D}(\Omega)$, quand Ω parcourt les ensembles de z entiers de K, seront notés $\underline{\mathcal{D}}_{K/k}$, $\underline{\mathfrak{D}}_{K/k}$ et appelés le *sous-discriminant* et la *sous-différente de* K/k. Les p. g. c. d. des $\mathcal{D}^{(\alpha)}_{K/k}$, $\mathfrak{D}^{(\alpha)}_{K/k}$, quand α parcourt $\mathcal{J}$, seront notés $\mathcal{D}_{K/k}$, $\mathfrak{D}_{K/k}$ et appelés le *discriminant* et la *différente de* K/k. Le nombre semi-réel $\eta_{K/k}$, de même espèce que $\omega(\mathfrak{D}_{K/k}) \geqq \omega(\underline{\mathfrak{D}}_{K/k})$, et tel que $\omega(\mathfrak{D}_{K/k}) = \omega(\underline{\mathfrak{D}}_{K/k}) + 2\eta_{K/k}$, s'appelle l'*écart de* K/k. Dans les cas classiques (valuation discrète, R/r séparable) $\eta_{K/k} = 0$, $\mathfrak{D}_{K/k} = \underline{\mathfrak{D}}_{K/k}$ (Dedekind), mais, en général $[\eta_{K/k}] \neq 0$, comme, dans le cas $p \neq p' = 0$, montre l'exemple, $K = k(\sqrt[p]{\alpha}, \sqrt[p]{\beta})$, où $\alpha, \beta \in k$ sont tels que $\big(\mathfrak{m}(p^{-1}\omega(\alpha), p^{-1}\omega(\beta)) : \mathfrak{m}\big) = p^2$. Si $K \supset K' \supset k$, on a $\underline{\mathfrak{D}}_{K/k} = \underline{\mathfrak{D}}_{K/K'} \underline{\mathfrak{D}}_{K'/k}$, mais non, en général, comme dans les cas classiques (Hilbert) $\mathfrak{D}_{K/k} = \mathfrak{D}_{K/K'} \mathfrak{D}_{K'/k}$, qui se remplace par : $\mathfrak{D}_{K/K'} \mathfrak{D}_{K'/k}$ divise $\mathfrak{D}_{K/k}$. Si $\mathfrak{D}_{K/k} = \mathfrak{D}_{K/K'} \mathfrak{D}_{K'/k}$, K'/k est dite une *sous-extension hilbertienne de* K/k, et K/k est dite une *surextension hilbertienne de* K'/k. K/k est dite une *extension hilbertienne* si toutes ses sous-extensions sont hilbertiennes. Quel que soit le nombre réel μ rationnel par rapport à $\mathfrak{m}$, il existe une surextension hilbertienne de K/k dont le module de valuation contient μ. Si $\varepsilon \geqq 0$, l'ensemble des $\alpha \in \mathcal{J}$ tels que $|\mathcal{D}^{(\alpha)}_{K/k}| + \varepsilon \geqq |\mathcal{D}_{K/k}|$ sera noté $K(\varepsilon; k)$ et sera dit le ε-*domaine de* K/k. $K(0; k)$ sera dit aussi le *domaine discriminantiel de* K/k. Pour toutes les suites monotones $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n, \ldots$ de nombres réels telles que ([1]) $\lim \varepsilon_n = 0^+$, les chaînes des $K(\varepsilon_n; k)$ sont équivalentes. Une telle suite étant donnée, si $\sigma \in Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$, le type de croissance $\tau(\sigma)$ de la fonction $f_\sigma(\alpha) = \omega^\star(\sigma\alpha - \alpha)$

(où $\omega^\star(\ldots) = -\log|\ldots|^\star$) sur la chaîne des $K(\varepsilon_n;\, k)$ s'appelle le *type caractéristique de* σ et $v(\sigma) =$ borne inf. $f_\sigma(\alpha)$ [α parcourt $\mathcal{J}$] s'appelle le *nombre caractéristique de* σ. L'ensemble $\mathfrak{V}_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$ des $\sigma \in V_{K/k}(|\ldots|^\star)$ tels que $\tau(\sigma)$ appartienne à la $q^{-\text{ième}}$ émergence T_q de l'ensemble T des $\tau(\sigma)$, $\sigma \in V_{K/k}(|\ldots|^\star)$, est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$, appelé le $q^{-\text{ième}}$ *hypergroupe caractéristique de* K/*k pour* $|\ldots|^\star$. On pose $\mathfrak{V}_{-2}(K/k;\, |\ldots|^\star) = Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$ et $\mathfrak{V}_{-1}(K/k;\, |\ldots|^\star) = T_{K/k}(|\ldots|^\star)$. Tous les $\sigma \in \mathfrak{V}_q - \mathfrak{V}_{q+1}$ ont une même valeur réelle (¹) $\omega_q(K/k) = [v(\sigma)]$ de $v(\sigma)$. L'ensemble $\mathfrak{V}'_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$ des $\sigma \in \mathfrak{V}_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$ tels que (¹) $v(\sigma) = \omega_q(K/k)^+$ est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$, appelé le $q^{-\text{ième}}$ *hypergroupe complémentaire de* K/*k pour* $|\ldots|^\star$, $c_q(K/k) = (\omega_q(K/k), {}^\star)$ ou $(\omega_q(K/k),\, \omega_q(K/k)^+)$ ou $({}^\star,\, \omega_q(K/k)^+)$ suivant que $\mathfrak{V}_q \neq \mathfrak{V}'_q = \mathfrak{V}_{q+1}$ ou $\mathfrak{V}_q \neq \mathfrak{V}'_q \neq \mathfrak{V}_{q+1}$ ou $\mathfrak{V}_q = \mathfrak{V}'_q (\neq \mathfrak{V}_{q+1})$ s'appelle le $q^{-\text{ième}}$ *couple caractéristique fin de* K/*k*. On démontre l'existence, pour tout $q = -2, -1, 0, 1, \ldots, m_{K/k} - 1$ (où $\mathfrak{V}_q = \{1_K\}$ si $q = m_{K/k}$), d'une extension transcendante élémentaire $K^{(q)}$ de K et d'un $\alpha_q \in K^{(q)}$ tels que $\mathfrak{V}_q$ et $\mathfrak{V}_{q+1}$ soient deux hypergroupes caractéristiques successifs de K/*k* en α_q. Ainsi $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}_{q+1}$ (et, par suite, $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}'_q$ et $\mathfrak{V}'_q/\mathfrak{V}_{q+1}$) sont des hypergroupes extramoduliformes et même, si $q \geq 0$, moduliformes. Les nombres d'éléments des $\mathfrak{V}_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$, $\mathfrak{V}'_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$, notés $\mathfrak{U}_q(K/k)$, $\mathfrak{U}'_q(K/k)$, sont, si $q \geq 0$, des puissances de p, donc $\mathfrak{U}_0(K/k) = \tilde{d} : \tilde{c}$.

Soient $v_1(K/k) < v_2(K/k) < \ldots < v_\mu(K/k) = +\infty$ toutes les valeurs distinctes prises par $v(\sigma)$, $\sigma \in V_{K/k}(|\ldots|^\star)$, et $V_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$ l'ensemble des $\sigma \in V_{K/k}(|\ldots|^\star)$ tels que $v(\sigma) \geq v_q(K/k)$. On pose $V_{-2}(K/k;\, |\ldots|^\star) = Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$ et $V_{-1}(K/k;\, |\ldots|^\star) = T_{K/k}(|\ldots|^\star)$. $v_q(K/k)$ et $V_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$, qui est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\ldots|^\star)$, seront dits le $q^{-\text{ième}}$ *nombre caractéristique de* K/*k* et le $q^{\text{ième}}$ *hypergroupe de ramification de* K/*k pour* $|\ldots|^\star$. Sauf si k est discrètement valué, les V_q ne forment qu'une suite partielle de la réunion de celles des $\mathfrak{V}_q$ et des $\mathfrak{V}'_q$ et, en général, $V_q(K/k;\, |\ldots|^\star)/V_{q+1}(K/k;\, |\ldots|^\star)$ n'est pas extramoduliforme, même si K/*k* est galoisienne (²). Le nombre d'éléments de $V_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$, noté $n_q(K/k)$, est une puissance de p si $q \geq 0$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier.*

Note de M. **H. Kober**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Le résultat suivant est bien connu (¹) :

Théorème 1. — *Pour que la série trigonométrique*

$$\sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_k\, e^{ik\theta}$$

(²) La suite des $V_q(K/k;\, |\ldots|^\star)$ avait été définie, pour les extensions galoisiennes, par M. Deuring (*Math. Ann.*, 105, 1931, pp. 277-307); cette suite n'est pas assez fine.

(¹) Voir A. Zygmund, *Trigonometrical Series*, Varsovie-Lwow, 4, 1935, pp. 34; *Bull. Amer. Math., Soc.*, 49, 1943, pp. 805-822.

soit la série de Fourier d'une fonction $f(\vartheta)$ *de* $L(-\pi, +\pi)$, *il est nécessaire et suffisant que*

$$\text{(I)} \qquad \int_{-\pi}^{+\pi} |\sigma_m(\vartheta) - \sigma_n(\vartheta)|\, d\vartheta \to 0 \quad [m, n \to \infty],$$

ou que

$$\text{(I}'\text{)} \qquad \int_{-\pi}^{+\pi} |u(r, \vartheta) - u(r', \vartheta)|\, d\vartheta \to 0 \quad [r, r' \to 1],$$

où

$$\sigma_n(\vartheta) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^{n} \sum_{j=-k}^{k} a_j e^{ij\vartheta}, \qquad u(r, \vartheta) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n r^{|n|} e^{in\vartheta} \qquad [0 < r < 1].$$

Dans ce théorème la convergence forte de la suite $\{\sigma_n \vartheta\}$ ou de $\{u(r, \vartheta)$ est requise. Je vais prouver :

Théorème 2. — *Dans le théorème 1 les conditions* (I) *ou* (I′), *respectivement, peuvent être remplacées par les conditions*

(II) *Il existe une suite partielle* $\{\sigma_{n_j} \vartheta\}$ *de* $\{\sigma_n(\vartheta)\}[n_1, n_2, \ldots, n_j \to \infty]$, *qui converge faiblement dans* $L(-\pi, \pi)$.

(II′) *Il existe une suite partielle* $\{u(r_j, \vartheta)[0 < r_1 < r_2 \ldots < r_j < \ldots, r_j < 1]$, *qui converge faiblement dans* $L(-\pi, \pi)$.

Théorème 3. — *Supposons l'existence d'une suite partielle* $\{\sigma_{n_j}(\vartheta)\}$ *ou d'une suite* $u(r_j, \vartheta)$ *possédant respectivement les propriétés suivantes : pour tout* $\varepsilon < 0$ *existe un* $\delta = \delta(\varepsilon) > 0$ *tel que, uniformément par rapport à* n_j *ou* r_j,

$$\text{(III)} \qquad \left| \int_E \sigma_{n_j}(\vartheta)\, d\vartheta \right| < \varepsilon$$

ou

$$\text{(III}'\text{)} \qquad \left| \int_E u(r_j, \vartheta)\, d\vartheta \right| < \varepsilon,$$

toutes les fois que E *est un ensemble contenu dans* $-\pi \leq \vartheta \leq \pi$ *de mesure non supérieure à* δ. *Alors* $\sum a_k e^{ik\vartheta}$ *est la série de Fourier d'une fonction de* $L(-\pi, \pi)$.

La condition est nécessaire

2. Il est évident que la condition (I) implique (II). D'après un théorème fondamental de Lebesgue ([2]), (II) implique la condition du théorème 3 que nous désignons par (III). Donc nous n'avons besoin que de montrer que (III) est suffisante; (II′) et (III′) peuvent être traitées de la même manière.

Fixant la suite n_j d'après (III), nous déduisons que

$$\text{(2.1)} \qquad \int_E |\sigma_{n_j}(\vartheta)|\, d\vartheta < \varepsilon \quad \text{pour } m(E) < \delta\left(\frac{\varepsilon}{4}\right).$$

Dès lors, uniformément par rapport à n_j, nous avons

$$\int_{-\pi}^{\pi} |\sigma_{n_j}(\vartheta)|\, d\vartheta \leq \frac{2\pi\varepsilon}{\delta(\varepsilon\,4)}.$$

([2]) Voir S. Banach, *Théorie des opérations linéaires*, Varsovie, 1932, p. 1936.

Le terme du second membre est constant. Donc ([3]) il existe une fonction $F(\vartheta)$ à variation bornée sur $(-\pi, \pi)$ telle que

$$a_k = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} e^{-ik\vartheta}\, dF(\vartheta) \qquad (k = 0, 1, 2).$$

Par un raisonnement classique, nous déduisons de (2.1) que la fonction

$$F(\vartheta) = \lim_{r\to\infty} F_2(\vartheta) = \lim_{r\to\infty}\int_0^{\vartheta} \sigma_{n_r}(\varphi)\, d\varphi,$$

où $\{n_r\}$ est une suite partielle de $\{n_j\}$, est absolument continue dans $L(-\pi, \pi)$. Prenant $f(\vartheta) = F'(\vartheta)$, nous aurons

$$f(\vartheta) \in L(-\pi, \pi) \qquad \text{et} \qquad a_k = \frac{1}{2\pi}\int f(\vartheta)\, e^{-ik\vartheta}\, d\vartheta,$$

ce qui complète la démonstration.

3. Théorème 4. — *Une fonction* $F(x)$, *satisfaisant aux conditions* (A) $F(x)$, *est continue dans un intervalle infini;* (B) $F(x) \to 0$ *quand* $x \to \infty$, *et* (C) $\{g_k(x)\}$ *est une suite faiblement convergente dans* $L(-\infty, \infty)$ *où*

$$g_k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F(t)\, dt}{(1 - itx/k)^{k+1}} \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots)$$

est représentable comme transformée de Fourier d'une fonction de $L(-\infty, \infty)$. *Ces conditions sont nécessaires* ([4]),

La condition (A) peut être remplacée par

(C') : *Pour tout* $\varepsilon > 0$ *il y a un* $\delta = \delta(\varepsilon) > 0$ *tel que l'on ait, uniformément par rapport à* $k (k = 1, 2, \ldots)$, $\left|\int_E g_k(x)\, dx\right| < \varepsilon$ *toutes les fois que* $\int_E \frac{dx}{1+x^2} < \delta$.

La démonstration repose sur un raisonnement semblable à celui du paragraphe 2 et sur le fait que les conditions (A) et (C″ 2)

$$\int_{-\infty}^{\infty} |g_k(x)|\, dx \leq M = M(F)$$

impliquent la représentation de $F(x)$ comme transformée de Fourier-Stieltjes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul numérique de certains opérateurs linéaires.* Note de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les opérateurs étudiés transforment une fonction $P(\theta)$, périodique, de période 2π, en une fonction $Q(\theta)$ de même période. Nous poserons

$$Q(\theta) = A[P(\theta)].$$

([3]) A. Zygmund, *loc. cit.*, pp. 32-34 et 322; la démonstration demande à être légèrement modifiée.

([4]) H. Kober, *A Note on Fourier transforms*, [*Journ. London Math. Soc.*, 1945 (sous presse)].

La première catégorie d'opérateurs jouira des propriétés suivantes:

(I) $A[\cos m\theta] = a_m \sin m\theta$; $A[\sin m\theta] = -a_m \cos m\theta$; $A[1] = 0$.

La deuxième catégorie vérifiera de même

(II) $A[\cos m\theta] = b_m \cos m\theta$; $A[\sin m\theta] = b_m \sin m\theta$; $A[1] = b_0$,

les a_m et les b_m étant des constantes.

A. Première méthode. — Le cercle étant divisé en $2n$ parties égales on pose $f_i = f(i\pi/n)$. On cherche à calculer les $2n$ valeurs Q_i en fonction des $2n$ valeurs P_j par des formules linéaires.

I. *Opérateurs de la première catégorie.* — A l'aide des considérations de parité on peut écrire la formule

$$(1)\qquad Q_i = K_1[P_{i+1} - P_{i-1}] + \ldots + K_p[P_{i+p} - P_{i-p}] + \ldots + K_{n-1}(P_{i+n-1} - P_{i-n+1}),$$

les K_p étant des constantes numériques à déterminer.

Les $2n$ équations (1) pour la fonction $P(\theta) = \cos m\theta$ ou $P(\theta) = \sin m\theta$, grâce aux relations (I), se réduisent à

$$(2)\qquad \sum_{p=1}^{n-1} K_p \sin\frac{pm\pi}{n} = \frac{-a_m}{2}.$$

Si l'on écrit la relation (II) pour $m = 1, 2, \ldots, n-1$, on obtient un système d'équations déterminant les coefficients K_p; avec ces coefficients, on obtiendra des valeurs *rigoureuses* des Q_i; pour toute fonction P de la forme

$$(3)\qquad P(\theta) = \sum_{m=0}^{n} (\alpha_m \cos m\theta + \beta_m \sin m\theta).$$

Pour une fonction $P(\theta)$ quelconque, la méthode revient à approcher P par une somme du type (3), prenant les valeurs P_p aux points $\theta = p\pi/n$.

La résolution du système (2) se fait très simplement; on trouve

$$(4)\qquad K_p = -\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n-1} a_m \sin\frac{mp\pi}{n}.$$

Application. — Intégrale de Poisson. La formule

$$(5)\qquad Q(\theta) = \frac{1}{2\pi}\,\text{p. p.}\int_0^{2\pi} P(\theta')\,\text{cotg}\,\frac{\theta'-\theta}{2}\,d\theta'$$

est un opérateur de la première catégorie tel que $a_m = 1$; d'après (4),

$$K_p = 0, \quad \text{si } p = 2q; \qquad K_p = -\frac{1}{n}\,\text{cotg}\,\frac{p\pi}{2n}, \quad \text{si } p = 2q+1.$$

II. *Opérateurs de la seconde catégorie.* — La formule (1) s'écrit alors

(6) $$Q_i = K_0 P_i + K_1(P_{i+1} + P_{i-1}) + \ldots + K_{n-1}(P_{i+n-1} + P_{i-n+1}) + K_n P_{i+n},$$

et le système (2) devient

(7) $$K_0 + 2\sum_{p=1}^{n-1} K_p \cos\frac{mp\pi}{n} + (-1)^n K_n = b_m.$$

La valeur de K_p s'obtient en résolvant (7); on trouve

(8) $$K_p = \frac{1}{n}\left[\sum_{m=1}^{n-1} b_m \cos\frac{mp\pi}{n} + \frac{b_0}{2} + \frac{(-1)^p}{2} b_n\right].$$

Application. — L'opérateur linéaire transformant $P(\theta)$ en $dQ/d\theta$, où Q est donnée par (5), est un tel opérateur avec $b_m = m$; d'après (8),

$$K_0 = \frac{n}{2}; \qquad K_p = 0, \quad \text{si } p = 2q; \qquad K_p = \frac{-1}{n\left(1 - \cos\frac{p\pi}{n}\right)}, \quad \text{si } p = 2q+1.$$

B. Deuxième méthode. — Il est parfois plus avantageux de diviser le cercle en $4n$ parties égales, et d'exprimer les $2n$ valeurs de Q_{2i} en fonction des $2n$ valeurs P_{2j+1}. Pour les opérateurs de la première catégorie

(9) $$Q_{2i} = K_1[P_{2i+1} - P_{2i-1}] + K_2[P_{2i+3} - P_{2i-3}] + \ldots + K_n[P_{2i+2n-1} - P_{2i-2n+1}],$$

et l'on obtient, comme dans (A),

(10) $$K_p = -\frac{1}{n}\left[\sum_{m=1}^{n-1} a_m \sin\frac{(2p-1)m\pi}{2n} + (-1)^{p-1}\frac{a_n}{2}\right].$$

Application. — Calcul de la dérivée $P'(\theta)$ d'une fonction $P(\theta)$; on a alors $a_m = -m$ et (10) devient

(11) $$K_p = \frac{(-1)^p}{2n\left[1 - \cos\frac{(2p-1)\pi}{2n}\right]}.$$

Pour les opérateurs de la deuxième catégorie, la formule fondamentale est

(12) $$Q_{2i} = K_1[P_{2i+1} + P_{2i-1}] + K_2[P_{2i+3} + P_{2i-3}] + \ldots + K_n[P_{2i+2n-1} + P_{2i-2n+1}],$$

et l'on obtient

(13) $$K_p = \frac{1}{n}\left[\sum_{m=1}^{n-1} b_m \cos\frac{(2p-1)m\pi}{2n} + \frac{b_0}{2}\right].$$

Les formules ainsi obtenues sont très commodes pour le calcul numérique. Utilisées au laboratoire de M. Pérès, puis au laboratoire de M. Goldstein,

au N. P. L., pour les études concernant les profils d'ailes, elles ont donné des résultats d'une précision bien supérieure à celle des procédés usuels (méthode de Théodorsen, par exemple), pour un temps de calcul beaucoup moindre.

ÉLECTRONIQUE. — *Amplificateur à courant continu pour cellule à faible résistance d'isolement, ou à courant d'obscurité gênant.* Note [1] de M. **Jean Dubois**, présentée par M. Aimé Cotton.

On connaît un grand nombre de montages amplificateurs pour cellules photoélectriques. A peu près tous donnent de bons résultats, mais supposent un isolement *anode-cathode quasi parfait*, ou encore *un courant d'obscurité négligeable*.

Je fais ici abstraction de la dérive du zéro et de toutes les autres difficultés inhérentes aux amplificateurs à lampe.

Ceci posé, si la condition de parfait isolement n'est pas réalisée, le système amplificateur est inopérant ou presque.

En effet, si la résistance entre les électrodes de la cellule n'est pas pratiquement infinie, la batterie d'excitation de celle-ci polarise la grille de la lampe amplificatrice qui lui succède. Quel que soit le sens de cette polarisation, le point de fonctionnement du tube se trouve amené sur une des parties courbes de la caractéristique de plaque, et l'amplification est ainsi très faible.

De plus, dans les montages courants, un courant-plaque permanent assez élevé circule dans le circuit-plaque. Comme un appareil de mesure sensible ne peut être traversé par un fort courant, il faut monter aux bornes du galvanomètre un système compensant le courant-plaque constant. On shunte ainsi l'appareil de mesure et la variation de courant-plaque qu'il doit mesurer est réduite dans une proportion notable, résultat d'autant plus regrettable que l'amplification est déjà faible.

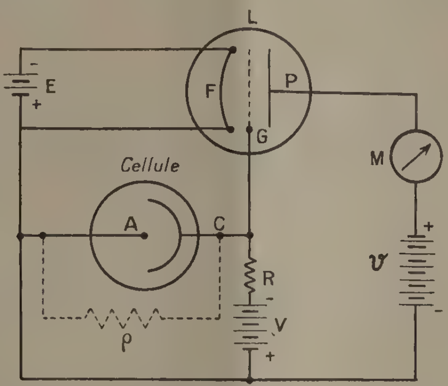
Or l'expérience montre que la perte de courant photoélectrique par suite du mauvais isolement est relativement bien moins importante que la diminution du pouvoir amplificateur de l'étage, par suite de l'effet qui vient d'être décrit.

C'est pourquoi j'ai étudié un montage susceptible de conserver au dispositif une amplification profitable malgré l'isolement défectueux de la cellule, ou le courant d'obscurité élevé. La figure représente ce montage. A titre d'indication, j'ai figuré en traits discontinus la résistance d'isolement ρ de la cellule.

Si ρ, R et V vérifient une certaine relation, le courant plaque est nul, et le

(1) Séance du 30 avril 1945.

point de fonctionnement de la lampe est sur une portion rectiligne de la caractéristique ([2]).



Le réglage du système est très souple et se fait en agissant sur R et V pour que le courant-plaque soit nul à la précision où s'effectuent les mesures.

Je fais remarquer que, dans le cas actuel, toute la variation de courant-plaque traverse intégralement l'appareil de mesure, aucun shunt n'étant nécessaire. Il y a donc encore un gain appréciable de ce côté.

On a utilisé comme lampe amplificatrice une B 405, chauffée sous 4 volts et fonctionnant sous 40 volts de tension-plaque. La valeur de V_0 est ainsi de — 14 volts.

La cellule est du type à vide, au potassium, à parois de verre. Son isolement en atmosphère sèche est très bon. Pour réaliser un mauvais isolement, on a réuni l'anode et la cathode par une résistance de 23 méghoms.

Voici d'ailleurs les résultats comparatifs entre le montage de la figure et le montage classique, tous deux utilisés avec la cellule possédant un mauvais isolement. Pour mieux montrer les avantages du dispositif décrit, on a joint le cas où la cellule, douée d'un excellent isolement, est associée au système amplificateur classique précédent.

Montage utilisé.	Figure.	Classique.	Classique.
Résistance d'isolement de la cellule..	23 méghoms	23 méghoms	infini
Tension excitation cellule..........	34 volts	40 volts	40 volts
R..............................	55 méghoms	»	»
Éclairement de la cellule...........	celui du laboratoire	»	»
Variation du courant plaque (*).....	0,44 mA	0,02 mA	0,28 mA

(*) Obscurité-lumière.

([2]) Cette relation s'écrit

$$R = \frac{\rho(V - V_0 - E)}{E + V_0},$$

R, ρ et V sont définis sur la figure. E et V_0 sont respectivement la tension de chauffage et la polarisation de grille, qui rend nul le courant plaque correspondant à la tension anodique choisie. V, V_0 et E sont pris en valeur algébrique. Voir la démonstration dans *Annales françaises de Chronométrie*, 13e année, nos 3 et 4, 1943, p. 153.

On voit que le montage le plus avantageux est celui de la figure. Dans le cas où $\rho = \infty$, la variation de courant-plaque est plus faible en raison du dispositif compensant le courant-plaque normal. En fait, les cas 1 et 3 ont même sensibilité.

Ces exemples montrent l'intérêt du montage proposé. Je signale qu'il peut être utilisé avec n'importe quel genre de cellule, pourvu que la résistance ρ soit au moins de quelques milliers d'ohms. J'ai d'ailleurs fait l'expérience avec une cellule à couche d'arrêt. Une amplification de mille fois est obtenue très commodément.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur un projet de microscope protonique.* Note [1] de MM. **Claude Magnan**, **Paul Chanson** et **André Ertaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les meilleurs microscopes électroniques ont actuellement un pouvoir séparateur de 50 Å. La valeur de ce pouvoir séparateur tient en grande partie aux aberrations de sphéricité et de diffraction. Ne sachant pas corriger les défauts de sphéricité, on utilise des ouvertures numériques très faibles, de l'ordre de 0,02 et moins. Il s'ensuit que l'aberration de diffraction est à nouveau importante et deviendrait gênante si l'on diminuait encore l'ouverture numérique. Glaser a montré, par des calculs s'appuyant sur la mécanique ondulatoire et la théorie de l'eikonal, qu'en fait l'aberration de sphéricité et l'aberration de diffraction ne pouvaient pas se traiter séparément. On se trouve donc à nouveau limité, dans le microscope électronique, par un pouvoir séparateur voisin de 50 Å, toute amélioration de l'aberration de sphéricité par diminution de l'ouverture numérique étant neutralisée par une augmentation de l'aberration de diffraction. On a cherché à gagner en augmentant la tension accélératrice des électrons, mais on ne gagne que comme la racine carrée de la tension pour l'aberration de diffraction et le gain est limité par le fait que la tension appliquée maximum ne peut pratiquement pas dépasser 300 000 volts.

Si, par contre, on remplace les électrons par des protons, la masse de ces derniers est 1840 fois plus grande que celles des électrons. Il s'ensuit, d'après la formule de Louis de Broglie, que la longueur d'onde de l'onde associée sera, à énergie égale, 40 fois plus petite. Le pouvoir séparateur lié à la diffraction sera donc, à ouverture numérique égale et à énergie égale, 40 fois meilleur. On pourra dans ce cas considérer séparément les aberrations de sphéricité et les aberrations de diffraction. On pourra en particulier rendre meilleur le pouvoir séparateur lié aux aberrations de sphéricité en diminuant l'ouverture numérique, sans craindre une

---

(1) Séance du 23 mai 1945.

augmentation gênante des phénomènes de diffraction, étant donnée la marge importante qui reste disponible.

Les distances focales des lentilles magnétiques sont proportionnelles à la masse des particules, de sorte que les microscopes magnétiques ne conviendront pas pour les protons. Il n'en est pas de même pour les microscopes électrostatiques.

L'équation différentielle des trajectoires d'un corpuscule électrisé se déplaçant dans un champ de forces dérivant d'un potentiel électrostatique est, à l'approximation de Gauss,

$$4Vy'' + 2V'y' + yV'' = 0;$$

cette équation ne contient ni la masse, ni la charge du corpuscule. Il s'ensuit que tout corpuscule électrisé, électron ou non, de masse quelconque aura, dans le même système électronique et à énergie égale, les mêmes trajectoires. Les caractéristiques optiques d'une lentille électrostatique seront les mêmes pour un faisceau de protons que pour un faisceau d'électrons. Ce fait avait déjà été signalé en 1937 par le regretté Louis Cartan (²).

Nous pensons utiliser le microscope électrostatique que nous avons construit, sans modifications autres que le remplacement du canon à électrons par une source d'ions à électrons oscillants et le changement de polarité du générateur haute tension.

La source d'ions à électrons oscillants est due à Fuckelstein. Nous l'avons adapté aux tubes verticaux destinés à l'accélération des ions en la simplifiant notablement.

La tension appliquée au microscope électronique électrostatique que nous désirons transformer en protonique est de 60 000 volts. Elle pourra être suffisante si nous utilisons cet appareil aux examens des états de surface par éclairage rasant. Elle serait complètement insuffisante pour des examens par transparence. C'est pourquoi nous avons étudié la construction d'un microscope protonique de 300 000 volts.

Les lentilles électrostatiques utilisées ayant un diaphragme central porté à 300 000 volts et les deux diaphragmes latéraux au sol, nous avons pensé utiliser les tubes destinés à accélérer les ions sous de très hautes tensions pour produire des neutrons. On peut ainsi réaliser un ensemble de deux lentilles symétriques portées à 300 000 volts et d'un canon à protons de 300 000 volts. La première lentille aura un grossissement de 200, la deuxième lentille ou lentille de projection aura un grossissement de 100. L'ensemble aura un grossissement total de 20 000. Le pouvoir séparateur attendu est de 3 Å, ce qui peut laisser espérer un grossissement

---

(²) *Journ. de Phys. et Radium*, **8**, 1937, p. 111.

de 600 000 en agrandissant le cliché photographique. La finesse du grain des plaques jouera alors un rôle important.

La formule de Bethe [3], qui donne la perte par ionisation des protons et des électrons dans une même substance, montre qu'à 300 000 volts les protons ont une perte d'énergie par unité de longueur 75 fois plus grande que pour des électrons de même énergie. Des protons à 300 000 volts auront encore une perte d'énergie dix fois supérieure à celle d'électrons de 80 000 eV.

Le mauvais pouvoir de pénétration des protons dans les préparations limitera l'emploi du microscope protonique à des préparations excessivement minces. Il sera plutôt utilisé pour l'examen des surfaces et l'étude des gaz.

RAYONS X. — *Radiographie par électrons secondaires.* Note [1] de MM. **A. Saulnier** et **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'un de nous [2] a montré que l'effet photoélectrique des rayons X produits sous des tensions de 150 à 200 kV pouvait être utilisé pour l'étude de surfaces métalliques et donner lieu à des radiographies ou microradiographies *par réflexion*. Dans cette méthode, la surface métallique joue le rôle de radiateur, émetteur d'électrons secondaires qui impressionnent seuls le film ou papier photographique.

Nous avons cherché à utiliser le phénomène photoélectrique pour l'obtention de radiographies d'objets très minces; l'objet, au lieu d'être, comme dans la radiographie par réflexion, son propre émetteur d'électrons, est *traversé* par des photoélectrons arrachés par les rayons X à une surface métallique contre laquelle il se trouve fortement appliqué. Il est donc nécessaire que cet objet se présente sous forme d'une feuille ou d'un film mince d'épaisseur constante (de l'ordre de quelques microns à quelques centièmes de millimètre).

Les rayons X incidents, produits par une ampoule fonctionnant entre 150 et 200 kV, traversent d'abord une plaque de celluloïd noircie dont le rôle est d'éviter l'action de la lumière sur le film et de maintenir la préparation étudiée. Puis ils traversent une feuille de plomb parfaitement lisse et plane, d'une épaisseur de $0^{mm},2$; cette feuille de plomb arrête la partie molle du rayonnement et, par sa face postérieure, émet une grande quantité de photoélectrons et joue ainsi le rôle de radiateur. La préparation examinée est fortement serrée entre la surface du métal et un film ou papier photographique, le côté sensible

(3) *Rev. of mod. Phys.*, **9**, 1937, p. 263.

(1) Séance du 9 mai 1945.

(2) J.-J. Trillat, *Bull. Soc. Fr. Électr.*, **3**, 1943, p. 25; *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 164; **216**, 1943, p. 179; **216**, 1943, pp. 179, 534 et 683.

étant en contact avec elle. Dans ces conditions le film est frappé par les photoélectrons qui ont traversé la préparation, ainsi que par ceux émis par celle-ci; les rayons X primaires ou secondaires ne donnent lieu à aucune impression sensible, comme il a été prouvé dans nos travaux antérieurs (à condition d'utiliser une ampoule fonctionnant entre 150 et 200 kV).

L'image photographique obtenue est due uniquement aux photoélectrons; l'interposition d'une mince feuille de celluloïd entre le film sensible et la préparation suffit en effet à supprimer tout effet photographique. On obtient ainsi une véritable radiographie par électrons, tout à fait comparable à ce que donne le microscope électronique, grossissement mis à part. Si l'on utilise une émulsion à grains extrêmement fins, telle que celle utilisée en microradiographie, on peut agrandir l'image obtenue et obtenir ainsi des détails qui n'apparaissent pas sur l'original. Les temps de pose sont de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes.

Nous avons utilisé avec succès ce procédé dans de nombreux cas, tels que papiers, ailes ou élytres d'insectes, films de peinture ou de caoutchouc contenant des charges, feuilles végétales, coupes de tissus végétaux ou animaux. Les résultats obtenus sont souvent d'une grande netteté et apportent des compléments d'information à l'examen microscopique; ils sont particulièrement intéressants lorsque l'échantillon est opaque et ne peut donc être soumis au microscope.

Cette méthode se rapproche de celle décrite par P. Lamarque ([3]) pour l'étude de coupes minces par les rayons X mous; elle s'en distingue cependant par de nombreux points. Les photoélectrons sont en effet extrêmement absorbables par la matière, et leur loi d'absorption est très différente de celle des rayons X; la technique est très simple, ne nécessite pas l'emploi du vide ni d'appareils spéciaux, n'importe quelle installation de radiothérapie convenant parfaitement à l'obtention de bons clichés.

Il est enfin intéressant de remarquer que le phénomène est produit par des rayons X pénétrants, qui ne pourraient donner lieu à aucune radiographie d'objets aussi minces, et que le rôle du radiateur est de transformer ces rayons pénétrants en rayons corpusculaires fortement absorbables et d'une grande action photographique. On s'explique également ainsi le mécanisme de l'effet renforçateur des écrans de plomb préconisés depuis quelques années dans la technique de la radiographie industrielle.

Nous nous proposons d'utiliser cette méthode pour la Microscopie électronique.

([3]) *Union intern. contre le cancer* (*Acta*, 4, 1939, p. 205).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'anomalie dilatométrique et l'anomalie thermoélastique de l'invar japonais.* Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Pierre-Jean Bouchet**, présentée par M. Albert Pérard.

L'invar japonais, découvert par H. Masumoto (¹) dans la série des alliages fer-cobalt-chrome, ayant paru offrir des propriétés métrologiques intéressantes, le Bureau international des Poids et Mesures a fait préparer des échantillons par les Aciéries d'Imphy et des études parallèles ont été entreprises au Pavillon de Breteuil et au laboratoire de l'usine.

Après avoir constaté qu'un écrouissage consécutif au recuit relève beaucoup la dilatabilité, MM. Volet et Bonhoure (²) ont découvert une propriété singulière : un même alliage peut être invar ou élinvar selon les traitements thermiques et mécaniques antérieurs. De notre côté, nous avons précisé l'influence de l'écrouissage et des recuits sur l'aimantation, la dilatation, les modules élastiques etc., des ferrocobalts chromés à faible dilatabilité, et recherché les réactions physicochimiques responsables des changements observés. Les résultats donnés plus loin à titre d'exemple concernent la coulée même étudiée par MM. Volet et Bonhoure; elle renferme, pour 100, outre le fer, C 0,05; Mn 0,37; Co 54,2; Cr 9,40.

On sait que le cobalt, incorporé au fer, donne, jusqu'à 78 %, des solutions solides ferritiques dont la transformation avec changement de phase $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ s'effectue à température supérieure à celle du fer, avec une faible hystérésis thermique (³). Une addition de chrome abaisse et étale la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ à la chauffe et accroît beaucoup l'hystérésis, c'est-à-dire étend du côté du fer et du côté des basses températures le domaine des alliages γ. Ainsi, pour l'alliage étudié, la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ débute à 730°, se trouve presque achevée à 850°, mais n'est réellement terminée qu'au delà de 900°. Au refroidissement une vitesse de quelques dizaines de degrés-heure suffit à empêcher toute transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, de telle sorte que les recuits industriels sont des hypertrempes au sens métallographique du mot.

La phase austénitique γ, ainsi maintenue en faux équilibre jusqu'à température ordinaire, est ferromagnétique, avec un point de Curie voisin de 175°, et possède une anomalie dilatométrique et une anomalie élastique de forte amplitude. Elle est pratiquement très stable à l'égard des traitements purement thermiques, puisque, après hypertrempe à 950°, il faut un revenu de plusieurs dizaines d'heures à 700° pour amorcer la

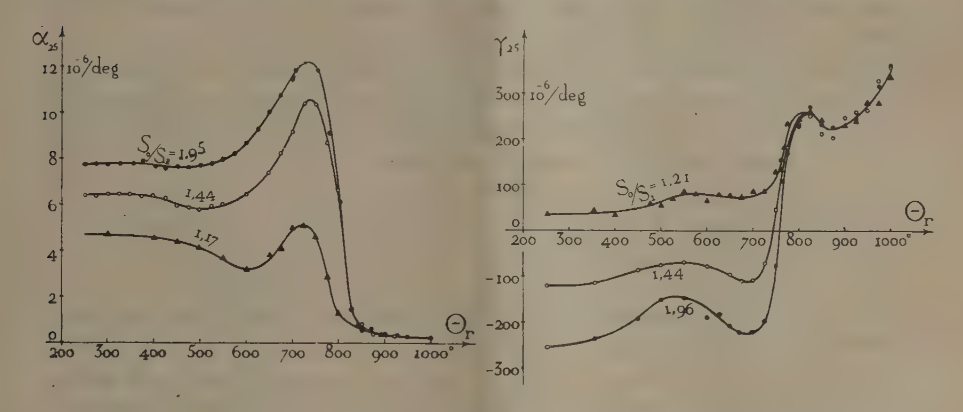
(¹) *Sci. Rep. of Tôhoku imp. Univ.*, **23**, n° 2, 1934, p. 265.

(²) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 734.

(³) Voir en particulier M. Fallot, *Métaux, Corrosion, Usure*, **18**, 1943, p. 214.

transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Cette réaction, au contraire, est facilement provoquée par une déformation mécanique, et les revenus consécutifs à l'écrouissage se révèlent particulièrement actifs.

Ces données métallographiques éclairent les résultats expérimentaux consignés sur les figures 1 et 2. Des fils de l'alliage étudié, préalablement



hypertrempés, ont été allongés à la filière, soumis à un recuit de 30 minutes à des températures Θ_r échelonnées, puis essayés au dilatomètre différentiel ou au thermoélasticimètre enregistreur. Les courbes α_{25} et γ_{25} représentent, en fonction de Θ_r et pour différents taux d'étirage S_0/S_1, la variation de la dilatabilité et du coefficient thermoélastique vrai (à la torsion), mesurés à 25°. A l'état γ, obtenu pour $\Theta_r > 900°$, l'invar japonais a une dilatabilité très faible et un coefficient thermoélastique positif élevé. Mais toute intervention qui transforme une partie de la phase γ en phase α réduit les amplitudes de ces anomalies, c'est-à-dire relève la dilatabilité et abaisse le coefficient thermoélastique, au point que celui-ci peut devenir négatif. D'où les constatations suivantes au fur et à mesure que Θ_r augmente : jusqu'à 550° environ, variations de faible amplitude dues principalement à la destruction de l'écrouissage; de 550 à 730°, effets de la réaction $\gamma \rightarrow \alpha$ provoquée par le revenu; au delà de 730°, effets de la transformation allotropique $\alpha \rightarrow \gamma$. Les courbes des deux propriétés suivent une marche exactement inverse : seul le minimum du coefficient γ_{25} vers 875°, qui paraît en relation avec l'orientation cristalline, n'a pas de singularité correspondante sur la courbe de la dilatabilité α_{25}.

Malgré de sensibles différences, les phénomènes décrits s'apparentent à ceux qu'on observe dans les alliages fer-nickel. Mais, alors que pour étendre le domaine de la phase γ et pour doter celle-ci d'anomalies réversibles, il faut ajouter du chrome et du cobalt au fer, une addition de nickel

suffit à elle seule à produire ce double résultat. Par exemple, un fer-nickel à 31 % de Ni, qui possède à la fois une transformation $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ fortement irréversible et une anomalie réversible de la phase γ, se comporte qualitativement comme l'invar japonais. L'écrouissage de l'invar Guillaume (solution $Fe\gamma$ — Ni à 35,5 % de Ni) se borne à en abaisser la dilatabilité et le point de Curie (effets de la déformation sur la surstructure de la phase γ), car l'alliage est tout à fait inapte au changement de phase $\gamma \rightarrow \alpha$. Dans l'invar japonais le premier de ces effets d'ordre structural est évidemment masqué par l'effet physicochimique de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Mais nous avons constaté l'abaissement prévu du point de Curie, ce qui complète l'analogie des ferrocobalts chromés et des ferronickels.

MÉTALLURGIE. — *Tensions internes dans les tubes en acier centrifugé.* Note de M. **Jean Caillaud**, présentée par M. Albert Portevin.

Pour accroître la résistance des corps tubulaires aux fortes pressions intérieures, on fait naître des précontraintes dans l'épaisseur de la paroi, au moyen de frettes ou par autofrettage, de manière à mettre le métal en compression au voisinage de l'âme et en tension vers la périphérie. Or de semblables contraintes intérieures se rencontrent, après refroidissement, dans les tubes épais en *acier centrifugé*. Comme cette propriété est importante pour les applications, j'en ai entrepris l'étude quantitative.

Les expériences ont porté sur des tubes en acier chrome-molybdène préparés à Pamiers. Leur diamètre extérieur est voisin de 180^{mm} et leur épaisseur de 70^{mm}. L'acier (C 0,30; Cr 1,0; Mo 0,30) est introduit, par un jet axial, dans une coquille métallique garnie de sable réfractaire et tournant autour d'un axe peu incliné sur l'horizon.

Les contraintes intérieures, que l'on constate après refroidissement consécutif à la coulée ou après traitement thermique, tiennent à la forte ségrégation majeure qui résulte de la centrifugation. Les dendrites peu carburées, consolidées les premières, soumises à un champ gravifique plusieurs centaines de fois supérieur à celui de la pesanteur, sont chassées vers la périphérie, tandis que le liquide-mère s'enrichit en carbone : la ségrégation de cet élément est, sur quelques centimètres, comparable à celle d'un très gros lingot de plusieurs décimètres d'épaisseur.

Distance à l'axe (mm)	23,5	27,5	31,5	37,5	50,0	57,5	62,5	80,0	90,0
Teneur en carbone %	0,56	0,50	0,38	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,24

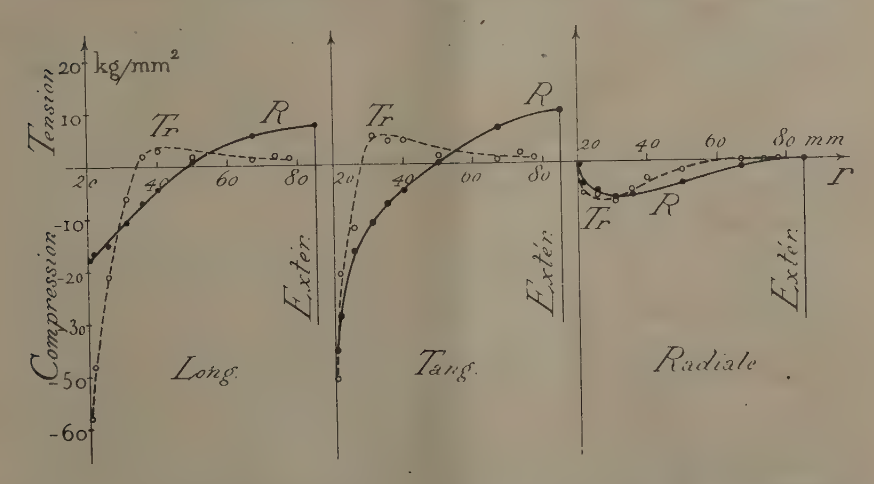
Pour le chrome et le molybdène, la ségrégation est sensible, mais beaucoup moins importante.

Il est facile de prévoir la naissance des contraintes au cours du refroidissement en étudiant les courbes de contraction enregistrées au dila-

tomètre sur des barreaux prélevés en divers points de la paroi. Pour une vitesse égale à celle du refroidissement spontané du tube à l'air, la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ survient entre 750 et 650° dans la zone externe (transf. perlitique), entre 500 et 400° dans la zone médiane (transf. Ar″) et au-dessous de 200° dans la zone interne, qui subit la transformation martensitique. D'après les changements de volume dus à ces transformations et compte tenu des phénomènes de relaxation visqueuse, on peut prévoir le sens des contraintes intérieures : il est évident, par exemple, que l'expansion associée à la transformation martensitique à 200° des couches internes les met en état de forte compression.

Il est d'ailleurs facile de mettre ces contraintes qualitativement en évidence. Le moyen le plus simple consiste à découper une mince galette en opérant une double saignée avec deux outils jumelés : on la voit prendre une forme bombée qui la fait ressembler à une rondelle Belleville. Si, après l'avoir chauffée vers 950°, on aplatit la rondelle par un coup de pilon, on la voit reprendre sa forme première pendant qu'elle se refroidit. On peut encore découper des anneaux minces, qui s'ouvrent ou se ferment après avoir été fendus.

Les mesures quantitatives ont été faites par la méthode classique du



forage : un tronçon de tube est soumis à des alésages successifs et l'on mesure chaque fois la longueur et le diamètre extérieur. La figure ci-dessus représente, pour tout point pris dans l'épaisseur du tube et défini par sa distance r à l'axe, les trois contraintes trirectangulaires, longitudinale, tangentielle et radiale. Les courbes R ont été obtenues après un recuit à 825° suivi d'un refroidissement à l'air; les courbes *Tr* concernant un tube trempé à 875° dans l'eau, revenu à 550° et refroidi à l'air. A ce

dernier état on note un maximum caractéristique des contraintes longitudinales et tangentielles.

L'intensité des contraintes ainsi créées, la facilité de les faire naître et d'en régler le taux en agissant sur la composition et sur le traitement thermique caractérisent l'intérêt des tubes épais en acier centrifugé, pour de nombreuses applications.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation électrolytique et dissociation thermique d'alliages magnésium-cadmium-praséodyme, magnésium-cadmium-samarium et magnésium-cadmium-yttrium.* Note de M. **Félix Trombe** et Mlle **Françoise Mahn**.

Le magnésium liquide, ainsi qu'on l'a vu précédemment [1], déplace partiellement à haute température les métaux rares de leurs sels. En présence d'un excès de magnésium, la réaction est équilibrée; il se forme des alliages dont la teneur est fonction des conditions expérimentales et du caractère électropositif de l'ion rare engagé dans la réaction. Les métaux rares très électropositifs donnent des alliages de titre faible (yttrium 4 %, lanthane 6 %). Dans le groupe yttrique au contraire on atteint avec le gadolinium des concentrations de 12 %.

La distillation du magnésium contenu dans ces alliages laisse comme résidu fixe un métal rare d'autant plus pur que sa concentration initiale a été plus grande. Cette raison et aussi la considération des rendements, très mauvais dans la préparation de l'alliage d'yttrium, nous ont conduits à modifier la méthode de préparation des alliages magnésium-métaux rares cités plus haut.

Nous avons constaté que les alliages à faible teneur en gadolinium, concentrés à 30 % de ce métal par distillation du magnésium, restent liquides au-dessous de 800° C. Il en est de même lorsque le magnésium est associé initialement au zinc ou au cadmium.

Il est donc possible, *a priori*, d'utiliser comme cathode liquide et par conséquent d'enrichir les alliages magnésium-métaux rares de titres faibles. L'opération est difficile à conduire en l'absence de cadmium, la densité initiale de l'alliage étant insuffisante. Au contraire, si l'on ajoute 25 à 30 % de cadmium au magnésium, les alliages ternaires ainsi formés sont suffisamment denses pour servir de cathode liquide en présence d'un bain fondu à base de chlorure rare et de chlorures alcalins.

L'électrolyse en creuset de silice entre cette cathode, protégée de la silice par du molybdène, et une anode en graphite pur [2] située à la

---

[1] *Comptes rendus*, **217**, 1945, p. 603.

[2] F. Trombe, M. Foëx et J. Bardet, *ibid.*, **220**, 1945, p. 691.

partie supérieure du bain permet de concentrer le métal rare. L'alliage formé, plus dense que l'alliage initial s'élimine constamment de la surface cathodique. De même le chlorure rare, plus dense à l'état fondu que les chlorures alcalins se trouve, pendant l'électrolyse, constamment renouvelé au voisinage de la cathode.

A 750° C., température qui ne peut être dépassée sans distillation de cadmium (É. 775°C.) et projection du bain, l'électrolyse est très régulière et les métaux rares se dissolvent parfaitement dans la cathode de magnésium-cadmium constituée initialement. On obtient des alliages homogènes à cassure cristalline, très peu chargés en silicium (0,05 %) et ayant les compositions suivantes (%) :

	Métal rare.	Magnésium.	Cadmium.
Praséodyme...................	35	46	19
Samarium.....................	22,8	55,2	22
Yttrium......................	24	56	20

A partir des alliages précédents la préparation des métaux rares a été effectuée en deux stades.

Un chauffage progressif de 900 à 1200°C. en atmosphère d'argon pur sous 760^{mm} de mercure a pour but d'éliminer lentement, sans dispersion du métal fixe, la plus grande partie des métaux volatils. L'yttrium et le praséodyme après ce traitement sont exempts de cadmium et contiennent environ 5 % de magnésium. *Le samarium dès* 1200°C., *sous* 760^{mm} *d'argon distille avec le magnésium.* Il est donc impossible de le séparer par cette méthode.

Dans le deuxième stade de la purification, l'yttrium et le praséodyme sont chauffés sous vide jusqu'à leur point de fusion; ils ne contiennent plus de magnésium. Le praséodyme de densité 6,80, compact et malléable diffère du métal préparé par Kremers et ses collaborateurs [3]; ce métal de densité plus faible, 6,60, pourrait contenir encore du lanthane. L'yttrium, également compact et malléable, est préparé pour la première fois à l'état pur. Kremers et ses collaborateurs [4] ont effectué en 1926 l'électrolyse directe du chlorure d'yttrium, mais le métal qu'ils ont décrit n'est pas malléable et se brise facilement au choc.

En résumé, des alliages magnésium-cadmium riches en métaux rares peuvent être préparés par électrolyse. Par chauffe dans l'argon pur on élimine le cadmium et la presque totalité du magnésium. Le samarium ne peut être purifié par cette méthode, car il est entraîné par le magnésium. Le praséodyme et l'yttrium portés sous vide jusqu'à leur point de fusion sont compacts et parfaitement exempts de métaux volatils.

---

(3) J. Wierda et H. C. Kremers, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, **48**, (preprint) 1925.

(4) A. P. Thompson, W. B. Hollen et H. C. Kremers, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, **49**, (preprint) 1926.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de la position (α ou β) sur les propriétés des groupements fonctionnels dans le noyau thiophénique. Passage des oximes aux amines.* Note de M. **Pierre Chabrier** et M[lle] **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré (¹) que certaines réactions générales pouvaient affecter différemment les mêmes groupements fonctionnels suivant que ces derniers étaient situés en α ou en β par rapport au soufre dans l'hétérocycle thiophénique.

L'objet de cette Note est de signaler un nouvel exemple de réactions où l'atome de soufre thiophénique exerce une influence marquée sur les propriétés de groupements fonctionnels situés dans son voisinage.

Ces nouvelles observations se rapportent aux amines thiophéniques; amines nucléaires α et β (I) et (II) d'une part, amines extranucléaires α et β (III) et (IV) d'autre part.

R_1. —NH^2 ; S (I) — NH^2 ; R_1. .R_1 ; S (II) — R_1. —$CH.R_1$; NH^2 ; S (III) — —$CH(NH^2).R_2$; R_1. .R_1 ; S (IV)

A. *Amines nucléaires* (I) *et* (II). — Ces amines ont été obtenues par transposition des oximes des α et β thiénylcétones (réaction de Beckmann).

Le procédé utilisé pour provoquer cette transposition consiste à traiter l'oxime (V) par le pentachlorure de phosphore en milieu éthéré anhydre; on précipite par l'eau glacée l'acylamine (VI), qui est désacylée par l'acide chlorhydrique concentré (VII).

R_1. —C.R_1 ; NOH ; S (V) $\xrightarrow{Cl^5P}$ R_1. —NH—CO.R_1 ; S (VI) $\xrightarrow{ClH}$ R_1. —NH^2, ClH ; S (VII)

—C=(NOH).R_2 ; R_1. .R_1 ; S (VIII) $\xrightarrow{Cl^5P}$ —NH—CO.R_2 ; R_1. .R_1 ; S (IX) $\xrightarrow{ClH}$ —NH^2, ClH ; R_1. .R_1 ; S (X)

I. Amines nucléaires α-(I). — *Acétylamino-2 thiophène.* — Steinkopf (²) a montré que

(¹) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 284.
(²) *Ann. der Chem.*, **403**, 1914, p. 17.

la transposition de l'oxime de l'α-méthylthiénylcétone s'effectuait, quelle que soit la technique utilisée, avec de très mauvais rendements. Thyssen ([3]) signale l'instabilité de l'amino-2 thiophène vis-à-vis des acides minéraux concentrés.

b. Méthyl-5 amino-2 thiophène, — Le dérivé acétylé de ce composé (VI) a été obtenu selon la technique précédemment indiquée, avec des rendements de l'ordre de 20 % ; sa désacétylation par ClH s'accompagne d'une désulfuration (départ de SH^2) pouvant être totale si le chauffage est prolongé.

Le chlorhydrate de l'amine (VII) ne peut être isolé que par concentration dans le vide.

II. Amines nucléaires β. — *Diméthyl-2.5 amino-3 thiophène*. — Le dérivé acétylé de ce composé (IX) a été obtenu par transposition de l'oxime de la β-méthylcétone-3 du diméthyl-2.5 thiophène avec des rendements de l'ordre de 10 %. Ce composé se désacétyle par ClH à chaud sans subir de décomposition et conduit au chlorhydrate (X), à partir duquel on a préparé l'urée et les sulfamides. Ces derniers composés ont été obtenus par copulation du chlorure de l'acide paraacétylaminobenzène sulfonique et du chlorhydrate du diméthyl-2.5 amino-3 thiophène en milieu pyridinique.

B. *Amines extranucléaires* (III) *et* (IV). — Ces amines ont été préparées par réduction des oximes des α et β-thiénylcétones au moyen de l'amalgame de sodium en milieu légèrement acétique et à froid.

1° *Amine extranucléaire α*. — Goldschmitt et Schulthen ([4]) décrivirent l'α-(amino-1 éthyl)-thiophène et signalèrent l'action des acides forts qui le décomposent rapidement à chaud en donnant en particulier du chlorure d'ammonium.

Nous avons préparé l'α-méthyl-α (amino-1 éthyl)-thiophène qui se carbonate très rapidement à l'air et dont on a isolé le chlorhydrate en milieu éther anhydre. En milieu chlorhydrique concentré, cette base se décompose très rapidement en abandonnant un dépôt de soufre, des résines et du chlorure d'ammonium.

2° *Amine extranucléaire β*. — Nous avons préparé le $\alpha\alpha_1$-diméthyl-β (amino-1 éthyl)-thiophène par hydrogénation de l'oxime correspondante; contrairement au dérivé α substitué, le chlorhydrate de cette amine est très stable et ne subit pas de décomposition en milieu acide à chaud.

En résumé, les propriétés des amines dérivées des homologues du thiophène diffèrent sensiblement selon la position (α ou β) du groupement aminé par rapport au soufre thiophénique. Les amines α substituées s'obtiennent difficilement et se montrent beaucoup plus sensibles à l'action des acides forts que les amines β substituées (les positions α et α_1 de ces dernières étant occupées par des radicaux alcoylés).

Ainsi les amines nucléaire α (I) et extranucléaire α (III) se désulfurent facilement sous l'influence des acides forts, les premières libérant SH^2, les secondes abandonnant un dépôt de soufre; dans les mêmes conditions les amines nucléaire β (II) et extranucléaire β (IV) ne sont pas altérées.

([3]) *J. prakt. Chem.*, 65, 1902, p. 19.

([4]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 1700.

Composés nouveaux préparés.

C^7H^9ONS, α-méthyl α_1-acétylaminothiophène	F 167°
C^5H^8NSCl, chlorhydrate de α-méthyl α_1-aminothiophène	149-150°
$C^8H^{11}ONS$, $\alpha\alpha_1$-diméthyl β-acétylaminothiophène	104-105
C^6H^9NSCl, chlorhydrate de $\alpha\alpha_1$-diméthyl β-aminothiophène	205-206
$C^7H^{10}ON^2S$, $\alpha\alpha_1$-diméthylthiénylurée	181°
$C^{14}H^{16}O^3N^2S^2$, β-(*p*-acétylaminobenzène sulfonamido)-$\alpha\alpha_1$-diméthylthiophène	197
$C^{12}H^{14}O^2N^2S^2$, β-(*p*-aminobenzènesulfonamido)-$\alpha\alpha_1$-diméthylthiophène	122
$C^7H^{11}NS$, α-méthyl α_1-(amino-1 éthyl)-thiophène	$É_{17}$ 95-96°
$C^7H^{12}NSCl$, chlorhydrate d'α-méthyl α_1-(amino-1 éthyl)-thiophène	F 110°
$C^8H^{12}ON^2S$, α-méthyl α_1-(uréido-1 éthyl)-thiophène	145
$C^8H^{13}NS$, $\alpha\alpha_1$-diméthyl β-(amino-1 éthyl)-thiophène	$É_{15}$ 97-98°
$C^8H^{14}NSCl$, chlorhydrate d'$\alpha\alpha_1$-diméthyl β-(amino-1 éthyl)-thiophène	F 200°
$C^9H^{14}ON^2S$, $\alpha\alpha_1$-diméthyl β-(uréido-1 éthyl)-thiophène	198

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation directe du phénol par le cyclohexène en présence de fluorure de bore.* Note de MM. **Henri Lefebvre** et **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le présent travail apporte une contribution à la fois au problème de l'alcoylation directe des molécules aromatiques par les carbures éthyléniques, et à l'étude des remarquables propriétés catalytiques du fluorure de bore mises en évidence par Nieuwland et son école [1]. Ayant trouvé que le BF^3, même en faible quantité, catalyse l'alcoylation directe du phénol ordinaire par le cyclohexène, nous avons fait une étude systématique de cette condensation.

Antériorités. — Schrauth et Quasebarth [2] obtinrent, en condensant à froid le cyclohexène et le phénol dans un mélange à parties égales de SO^4H^2 et de CH^3CO^2H, le *para*-cyclohexylphénol et l'oxyde de phényle et de cyclohexyle, avec des rendements respectifs de 17 et 7,5 % par rapport au cyclohexène. Bodroux [3], faisant réagir $4^{mol},8$ de phénol et $1^{mol},46$ de cyclohexène en présence de 60^g de Cl^3Al, obtint l'*ortho*- et le *para*-cyclohexylphénol avec des rendements de 59 et 20 % suffisants pour rendre pratique leur préparation par cette méthode. Skraup et Beifuss [4] obtinrent, par chauffage d'un mélange équimoléculaire de cyclohexène et de phénol pendant 72 heures à 350°, de l'*o*-cyclohexylphénol (Rdt 30 %) et un dicyclohexylphénol ($É_{15}$ 218-220), qu'ils présumèrent être l'isomère *o*-*o'* (Rdt 12 %).

Résultats de nos recherches. — Au phénol, porté vers 40° et ayant dissous le BF^3, on ajoute le cyclohexène. La réaction est très exothermique; quand elle est achevée, et après élimination éventuelle du phénol n'ayant pas réagi, on isole les produits de condensation, généralement par une distillation sous

---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 1932 et suiv.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 856.
(3) *Ann. Chim.*, 11, 1929, p. 511.
(4) *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 1700.

pression réduite; l'*ortho*- et le *para*-cyclohexylphénol sont facilement séparés en utilisant la différence de solubilité de leurs sels de sodium.

Nos recherches, dont le détail sera publié dans un autre recueil, ont montré que l'alcoylation directe du phénol par le cyclohexène en présence de BF^3 :

1° se fait sans aucune difficulté, même si BF^3 n'est qu'en faible quantité;

2° donne, pour des proportions convenables des réactants, et relativement peu de BF^3, de l'*ortho* et du *para*-cyclohexylphénol avec des rendements voisins de ceux de Bodroux, qui opérait avec une grande quantité de Cl^3Al;

3° donne toujours environ 3^{mol} d'isomère *ortho* pour 1 de *para*;

4° produit, avec des rendements élevés si le milieu réactionnel est suffisamment riche en cyclohexène, du di- et du tricyclohexylphénol. Ce dernier composé n'a pas encore été signalé dans la littérature chimique;

5° n'est pas accompagnée, du moins dans nos conditions opératoires, de formation d'oxyde de phényle et de cyclohexyle, contrairement à ce que Schrauth et Quasebarth ont observé en utilisant un autre catalyseur;

6° présente sur la méthode de Bodroux un sérieux avantage : elle évite les dégagements de ClH et la décomposition après la réaction des complexes donnés par Cl^3Al. Dans nos recherches nous détruisons avant la distillation la petite quantité de BF^3 introduite par un peu d'eau, ce qui peut se faire sans précautions spéciales et ne donne lieu à aucun dégagement gazeux gênant.

Le tableau suivant contient les principaux résultats de quelques-unes de nos expériences, dans lesquelles la totalité du C^6H^{10} entrait toujours en réaction.

Fluorure de bore.	Phénol.	Cyclohexène.	mol. cyclohexène / mol. phénol	Rdt en cyclohexylphénols % par rapport au cyclohexène. mono ($o+p$).	di.	tri.
8^g	470^g	82^g	1/5	72	–	–
7,5	282	61	1/4	71,5	–	–
6	94	82	1	28,7	31	7,9
6	94	164	2	7,9	26,4	39,6

CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS DES CYCLOHEXYLPHÉNOLS OBTENUS (temp. corrigées). — 1° *Para-cyclohexylphénol.* — Cristaux blancs facilement sublimables, F 131°, $É_{752}$ 293,5-295°,5; $É_{14-15}$ 162,5-164°,5. Éther méthylique, solide blanc, F 58-59°. Ester benzoïque, solide blanc, F 118-119°.

2° *Orthocyclohexylphénol.* — Cristaux blancs, F 56-57°; $É_{760}$ 282,5-283°,5; $É_{13}$ 152,5-153°,5. Éther méthylique, $É_{777,5}$ 268-269°,5; d_4^{19} 1,004; n_D^{19} 1,528; RM, trouvé 58,31; théorique 58,08. Ester benzoïque solide blanc, F 39-40°.

L'*ortho*-cyclohexylphénol donne une phtaléine soluble dans les bases, qu'elle colore en rouge violacé; le *para*-cyclohexylphénol ne donne pas cette réaction, d'où un moyen rapide de distinguer ces deux isomères.

3° *Dicyclohexylphénol.* — Liquide très visqueux, incolore fraîchement distillé, mais qui jaunit rapidement; insoluble dans les solutions de NaOH, mais s'acétylant presque quantitativement (96,35 %) en milieu pyridinique. $É_{13}$ 217,5-219°,5. A l'ébullition sous la pression atmosphérique, qui débute vers 360°, se désalcoyle partiellement en libérant du cyclohexène.

5° *Tricyclohexylphénol*. — Solide vitreux jaune clair. $É_{12-13}$ 263,5-268°,5; taux d'acétylation pyridinique 96,40 %. A l'ébullition sous la pression normale, se désalcoyle partiellement (plus facilement que le dicyclohexylphénol, sans doute à cause d'une température plus élevée) en libérant du cyclohexène.

Résumé. — Nous avons montré que BF^3 est un excellent catalyseur d'alcoylation directe du phénol par le cyclohexène, et que son emploi permet de préparer commodément avec de bons rendements les mono (*ortho* et *para*), di et tricyclohexylphénols. Nous étudions actuellement l'alcoylation en présence de BF^3 de divers phénols et éthers-oxydes phénoliques par différents composés éthyléniques.

GÉOCHIMIE. — *Sur la formation des gisements d'apatite*. Note de MM. **Adrien-André Sanfourche** et **Alexandre Krapivine**, présentée par M. Albert Portevin.

La concentration des phosphates naturels dans de puissants gisements localisés, où ils sont toujours accompagnés de fluorures, s'explique, suivant la théorie de Carnot, par la réaction des fluorures en solution sur les phosphates à l'état solide ou eux-mêmes dissous, la solubilité de l'apatite qui résulte de leur combinaison étant inférieure à leur solubilité individuelle. Carnot (1) a pris comme base de sa théorie le fait que les os récents ont une teneur très faible en fluor, tandis que les os fossiles en contiennent bien davantage. C'est aux infiltrations d'eaux qui, dans la suite des temps, sont venues en contact avec eux, qu'il attribue l'enrichissement en fluor. A l'appui de cette hypothèse, ayant placé un os dans une solution de fluorure alcalin au 1/50, additionné de 1 % de carbonate ammonique, il a vu sa teneur en fluor passer de 0,31 à 4,74 % après 5 mois. En substituant au fluorure dissous du spath fluor pulvérisé, l'enrichissement est beaucoup plus lent, quoique certain : 0,43 % après 4 mois. Mais ceci ne se produit qu'en vase ouvert, où l'on remplace fréquemment l'eau évaporée; en vase fermé la teneur en fluor ne varie pas. Carnot en a tiré d'ingénieuses déductions sur les conditions où ces réactions ont pu se produire dans les zones lagunaires des mers anciennes, soumises à des alternatives de dessiccation et de réimmersion.

Nous avons recherché si le changement de réaction du milieu ne permettrait pas de s'affranchir de ces hypothèses. Considérant la formation de l'apatite à partir des phosphates des résidus animaux, Carnot croyait devoir y faire participer l'ammoniaque, produit de la putréfaction; il insiste sur le rôle du carbonate ammonique comme véhicule des phosphates (2). Envisageant de préfé-

(1) *Ann. Mines*, 9e série, 3, 1893, p. 155; *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 724.

(2) L. Hackspill et D. Claude (*Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 1152) ont cependant trouvé une solubilité négligeable du phosphate tricalcique dans les solutions de carbonate ammonique.

rence des réactions en milieu exclusivement minéral, nous avons utilisé comme élément solubilisateur le gaz carbonique, toujours présent en dissolution dans les eaux; l'eau de mer en contient 50^{cm^3} par litre, soit environ le 1/20 de ce qui correspond à la saturation à température et pression ordinaires. Or la solubilité du fluorure de calcium, qui n'est que de $0^g,18$ par litre à 25° dans l'eau pure, est décuplée dans l'eau saturée de gaz carbonique à 25° et, à la pression atmosphérique, nous l'avons trouvée égale à $0^g,186$.

Nous avons utilisé deux solutions phosphatées : 1° celle résultant de l'action de l'eau chargée de CO^2 sur le phosphate tricalcique, que l'on peut considérer comme contenant du phosphate dicalcique et du carbonate acide de calcium; 2° une solution de phosphate dicalcique pur, cela à titre de comparaison et afin de faire abstraction de l'action propre de l'acide carbonique. On les a fait agir sur le fluorure de calcium précipité pur, avec ou sans carbonate de calcium; comme Carnot lui-même, nous avons examiné parallèlement l'action d'un fluorure soluble. Chaque solution ou suspension était introduite dans un flacon bouché, et le tout laissé en contact à température ambiante avec agitation intermittente chaque jour. L'acide phosphorique resté en solution était dosé sur des prélèvements de 200^{cm^3} par la méthode au phosphomolybdate.

Corps réagissants.	P^2O^5 en solution (mg/litre). Initial.	Après 18 j.	32 j.	60 j.	Taux % de précipitation.
$P^2O^8Ca^3 + CO^2 + F^2Ca$	108,2	–	107	104,6	3,3
$P^2O^8Ca^3 + CO^2 + FNa$	108,2	32,7	31,4	25,4	76,5
$PO^4HCa + F^2Ca + CO^3Ca$	46	–	43,6	38,4	16,5
$PO^4HCa + FNa + CO^3Ca$	46	0	0	0	100
$P^2O^8Ca^3 + CO^2 + F^2Ca + CO^3Ca$	108,2	85,1	21,2	0	100
$P^2O^8Ca^3 + CO^2 + FNa + CO^3Ca$	108,2	0	0	0	100

Ces résultats montrent que l'état solide du fluorure n'est pas un obstacle à la génération de l'apatite, qui a été identifiée par ses caractères microscopiques dans le dépôt solide. Bien que moins rapide que sous l'action d'un fluorure soluble, cette formation n'est pas moins manifeste, et peut être complète dans un laps de temps relativement court. Deux réactions sont possibles : la première,

$$6PO^4HCa + F^2Ca + 3CO^3Ca \rightarrow 3(PO^4)^2Ca^3, F^2Ca + 3CO^2 + 3H^2O,$$

est celle qu'ont envisagée les géologues expliquant la formation des gîtes phosphatés au contact de l'eau de la mer avec des roches calcaires. Mais on peut en concevoir une autre faisant intervenir le carbonate acide de calcium en solution,

$$6PO^4HCa + F^2Ca + 3(CO^3)^2H^2Ca \rightarrow 3(PO^4)^2Ca^3, F^2Ca + 6CO^2 + 6H^2O.$$

Elle a ceci de remarquable qu'elle n'exige pas la présence de calcaire pour la précipitation de l'apatite; elle doit donc conduire à des dépôts plus riches en phosphate, la roche précipitante ne risquant pas de le diluer.

Conclusion. — Nos expériences confirment la théorie de Carnot sur la genèse des gisements d'apatite, tout en lui conférant une plus grande extension; en effet ce savant avait été frappé de la faible teneur en fluor de l'eau de mer qu'il avait analysée, et où il n'en avait trouvé que $0^g,822$ par mètre cube. Il en concluait qu'un grand nombre de siècles avait été nécessaire pour un accroissement sensible de la proportion de fluor dans les phosphates. On voit qu'en milieu faiblement acide il n'est pas nécessaire que le fluor existe préalablement en solution, et que le processus d'apatitisation peut être rapide même au contact de fluorures insolubles.

PALÉONTOLOGIE. — *Développements aberrants chez des Nummulites.* Note de M. René Abrard.

Il n'a pas, à ma connaissance, été signalé de développements tératologiques chez les Nummulites; ceux-ci sont extrêment rares et, sur plusieurs milliers d'échantillons de toutes espèces examinés, je ne puis en citer que deux, concernant des individus recueillis par M. A. Fabre dans le Lutétien du bassin aquitanien, et conservés au laboratoire de Géologie du Museum.

L'un est une *Nummulites millecaput* Boubée (= *N. complanatus* Lmk.) de Port-de-Lanne (Landes), de 30^{mm} de diamètre, qui présente un enroulement hélicoïdal composé de trois tours bien détachés, le deuxième séparé du premier par une gouttière de $6^{mm},5$ de profondeur sur 7^{mm} de hauteur, le troisième étant d'un diamètre moindre et rabattu sur le précédent.

Il ne s'agit pas de tours de spire, l'enroulement de celle-ci apparaissant comme non troublé, mais de l'ensemble de la coquille qui a poursuivi son accroissement suivant une hélice au lieu de le maintenir dans un plan; des sections axiales montrent en effet, en chaque point de la rampe constituant l'hélice, la structure d'une Nummulite normale, composée de nombreux tours de spire.

Il n'y a donc pas lieu, pour expliquer cette très curieuse malformation, de rechercher son origine dans une division aberrante de la loge initiale ayant abouti à des Nummulites jumelées, puis triplées; on est bien en présence d'un seul et unique individu. Il est assez difficile d'imaginer, du point de vue géométrique, comment une coquille composée de tours de spire très embrassants a pu évoluer dans le sens de la disposition indiquée. Il semble qu'une ondulation très marquée du bord se soit accusée jusqu'à provoquer à un certain moment un bourrelet, à partir duquel la coquille a continué à s'accroître hors du plan équatorial des premiers tours de spire.

Le second échantillon de 17^{mm} de diamètre se rapporte à *Nummulites aturicus*, Joly et Leymerie (= *N. perforatus* Montf.) var. *crassus* Boubée, provenant de Sordes (Landes); il montre deux ondulations si prononcées qu'elles aboutissent à un rabattement du bord de la coquille suivant une perpendiculaire au plan

équatorial et à un début de formation d'un bord supplémentaire, portant sur la moitié de la circonférence de la coquille et se détachant de celle-ci ; c'est en somme l'amorce du mouvement hélicoïdal poussé très loin chez l'individu de *N. millcaput* précédemment examiné.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Biostatistique des Diatomées et Chrysostomatacées fossiles de deux tourbières du Cantal.* Note (¹) de M. **F. Firtion**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'étude biostatistique des Diatomées fossiles a donné de précieux résultats en vue de l'établissement de la stratigraphie et de la chronologie fines du Quaternaire péri-baltique. En ce domaine se font sentir les variations générales de salinité des milieux de sédimentation, variations que traduisent bien les pourcentages de quelques-uns de ces fossiles. Il n'en va pas de même pour les milieux de sédimentation exclusivement lacustres, où interviennent de multiples facteurs locaux souvent sans rapport avec les grands faits de l'histoire du Quaternaire.

J'ai cependant tenté l'étude statistique des Diatomées, ainsi que celle des Chrysostomatacées qui leur sont associées, les unes et les autres présentes en abondance dans des couches de vase et de tourbe de deux tourbières du Cantal distantes l'une de l'autre de 16 kilomètres à vol d'oiseau : celle de la Taphanel à Riom-ès-Montagne (alt. 950^m) et celle du Joland à Ségur-les-Villas (alt. 1100^m). Ces deux tourbières ont été sondées et analysées polliniquement par Mme C. Dubois et G. Dubois [2], qui m'ont communiqué leurs récoltes. La première tourbière offre 6^m de tourbe sur $2^m,50$ de vase; la deuxième $7^m,25$ de tourbe sur $0^m,75$ de vase. Leurs analyses polliniques révèlent une histoire forestière flandrienne commençant peu avant l'oscillation chaude d'Alleröd et se déroulant ensuite avec ses phases climatiques classiques du subarctique à nos jours.

Les niveaux riches en restes siliceux : frustules de Diatomées, coques de Chrysostomatacées et spicules de Spongilles (*Ephydatia* et *Spongilla*), tous restes en bon état de conservation, gisent, à la Taphanel, à une profondeur de $4^m,50$ à 7^m; au Joland, de $3^m,25$ à 8^m.

L'investigation a porté sur les genres suivants : *Melosira, Tabellaria, Fragilaria, Synedra, Eunotia, Cocconeis, Neidium, Diploneis, Stauroneis, Frustulia, Navicula, Pinnularia, Cymbella, Gomphonema, Cymatopleura, Surirella, Campylodiscus.* Ceux susceptibles d'être utilisés statistiquement sont *Melosira, Fragilaria* et *Gomphonema*.

(¹) Séance du 4 avril 1945.

(²) *C. R. Séances Soc. Géol. Fr.*, 1944, v, pp. 46-48; vi, pp. 61-63; *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 465.

Les Melosira sont surtout abondantes à la Taphanel, avec une poussée moyenne dans le niveau vaseux de la phase d'Alleröd, et une poussée plus considérable dans le *dy* à Chênaie mixte. Il est remarquable qu'au Joland, où les *Melosira* tiennent une place discrète, elles ont pourtant une poussée sensible au même niveau stratigraphique qu'à la Taphanel.

Les Fragilaria, abondantes dans les deux tourbières, y ont une poussée marquée dans la tourbe boueuse de type *dy* de la phase forestière froide à Bouleau-Pin, puis une autre au Joland dans la tourbe à Chênaie mixte.

Les *Gomphonema* n'ont d'importance qu'au Joland, avec poussée principale dans la tourbe coïncidant avec celle du *Corylus*, mais on n'observe rien d'analogue à la Taphanel.

Les Chrysostomatacées présentes dans les deux tourbières appartiennent aux genres *Chrysostomum*, *Clericia*, *Chrysastrella*. Le genre *Carnegia* est abondant au niveau $4^m,50$ de la Taphanel. A chacun des niveaux j'ai bloqué toutes les Chrysostomatacées et établi leur pourcentage total par rapport à l'ensemble des Diatomées. Les pourcentages sont surtout élevés à la Taphanel (jusqu'à 1179 %). Dans les deux tourbières ils montrent la même poussée dans le niveau vaseux de la phase allerödienne. Une deuxième poussée se dessine ensuite dans la tourbe au début de la phase à Chênaie mixte à la Taphanel, au début de la phase à Fagabiétaie au Joland.

En résumé on peut constater que dans les deux tourbiéres s'observent, surtout vers la base de leurs dépôts, une même pullulation d'organismes siliceux, généralement désordonnée, avec toutefois des poussées contemporaines : 1° de Chrysostomatacées dans la vase allerödienne; 2° de *Fragilaria* dans la tourbe de type *dy* à Bouleau-Pin; 3° de *Melosira* dans la tourbe à Chênaie mixte.

Ces remarques, qu'il n'est pas question de généraliser, doivent être considérées comme une contribution à la mise au point des méthodes biostatistiques appliquées à la stratigraphie fine des terrains quaternaires.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Inhibition temporaire du développement d'un bourgeon axillaire due à la présence d'un moignon de tigelle surmontant ce bourgeon*. Note [1] de M. **René Castan**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait d'une part que l'amputation du bourgeon terminal provoque la levée de l'inhibition du développement du bourgeon axillaire situé immédiatement au-dessous de la section; d'autre part nous avons signalé [2] le maintien temporaire de l'inhibition du développement d'un bourgeon axillaire lorsqu'il est surmonté d'un moignon de tige en voie d'étalement cellulaire et sans multiplication cellulaire. Ces diverses expériences nous renseignent insuffisamment sur

---

[1] Séance du 7 mai 1945.

[2] *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 576.

la nature des facteurs responsables de l'inhibition; dans cette Note nous allons montrer que l'un de ces facteurs présente les caractères du type hormonal.

Prenons des plantules de Pois (var. *Express-Alaska*) élevées à l'obscurité dans une étuve à la température de 25° environ et pourvues d'une tigelle portant 4 bourgeons axillaires et 1 bourgeon terminal distant d'environ 3^{cm} du dernier bourgeon axillaire, de telle sorte que le dernier entre-nœud soit formé de cellules adultes ayant achevé leur croissance sur au moins 2^{cm} à partir du 4ᵉ bourgeon axillaire. Ces plantules seront traitées de la façon suivante :

a. plantules, dont la tigelle est sectionnée juste au-dessus du premier bourgeon axillaire à partir de la base;

b. plantules amputées de la tigelle à 2^{cm} au-dessus du 4ᵉ bourgeon axillaire, et ensuite suppression, à l'aide d'une légère incision, des 2ᵉ, 3ᵉ et 4ᵉ bourgeons axillaires; dans ces conditions un moignon de 25 à 30^{cm} de longueur, dépourvu de tout centre d'activité (bourgeons) surmonte le premier bourgeon axillaire.

Résultats de l'expérience. — Six jours après ces amputations on constate



A droite, plantule ayant développé son bourgeon axillaire
(photographie prise six jours après l'amputation de la tigelle).
A gauche, plantule montrant l'inhibition presque totale du développement de son bourgeon axillaire, surmonté d'un long moignon de tige, au bout du même temps.

que : (*a*) les plantules, amputées de la tigelle juste au-dessus du premier bourgeon axillaire, ont, dans les délais normaux, c'est-à-dire dans les 48 heures qui suivent l'amputation, développé ce bourgeon qui a donné naissance à un rameau qui mesure, au bout de 6 jours, de 35 à 45^{mm} de longueur; (*b*) les plantules

possédant un moignon de tigelle surmontant le premier bourgeon axillaire ont montré un retard dans le développement de ce bourgeon, tel qu'au bout de 6 jours il n'a donné naissance qu'à un rameau mesurant à peine 2 à 3mm de longueur, et parfois même ne montre aucune croissance (voir la photographie).

En conséquence, si, durant la croissance normale de la tigelle intacte, l'inhibition du développenent des bourgeons axillaires par le bourgeon terminal en voie d'allongement était due seulement à l'attraction des substances trophiques par ce bourgeon, la suppression de ce dernier devrait amener, immédiatement et dans tout les cas, la levée de l'inhibition du développement des bourgeons axillaires inférieurs. Ainsi, dans nos expériences, si cette causalité trophique intervenait seule, le démarrage du bourgeon axillaire, surmonté ou non d'un moignon de tigelle, devrait avoir lieu au même instant, puisqu'il n'y a plus de centre d'attraction par suite de la suppression du bourgeon terminal. Il n'en est pas ainsi; le bourgeon axillaire surmonté d'un long moignon de tigelle reste quelques jours en état d'inhibition. On ne peut pas invoquer ici la consommation de matériaux trophiques qui serait faite par le moignon, car celui-ci, dans notre expérience, ne présente plus ni multiplication ni étalement cellulaires; ses activités respiratoire et transpiratoire interviennent seules pour consommer les réserves, mais elles ne sont pas la cause ici, puisque après 5 à 6 jours l'inhibition due au moignon est à peu près levée, alors que le moignon reste encore longtemps vivant et continue à respirer et à transpirer. Il semble donc ressortir de cette expérience que la seule présence du moignon surmontant le premier bourgeon axillaire produit une inhibition temporaire, que l'on ne saurait expliquer que par l'existence dans ce moignon d'une substance dont le taux baisserait peu à peu, pour atteindre un seuil qui ne serait plus inhibiteur. Ces caractères sont justement révélés par la teneur de la tigelle de Pois en auxine, comme l'ont montré divers auteurs [3].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Composition chimique de l'essence de racines de* Primula viscosa *Vill.* Note de MM. **Albert Goris** et **Henri Canal**, présentée par M. Maurice Javillier.

Primula viscosa Vill. est une espèce répandue dans la zone alpine du Jura, des Alpes et des Pyrénées. C'est une plante vivace, à tige souterraine, portant de nombreuses racines adventices, se multipliant par des bourgeons nés sur cette tige. Par écrasement, les parties souterraines dégagent une odeur salicylée assez désagréable, due à la formation d'une essence.

Extraction et composition de l'essence. — Le procédé d'extraction est identique à celui que nous avons utilisé dans nos recherches antérieures [1]. Les rhizomes

(3) Van Overbeek, *Bot. Gaz.*, **100**, 1938, pp. 133 et 19.

(1) A. Goris et H. Canal, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **17**, 1936, pp. 1404-1424.

et les radicelles, après lavage à l'eau, sont broyés et soumis à une macération de 12 heures. On procède ensuite à un entraînement par la vapeur d'eau. L'eau distillée obtenue est, après saturation par le chlorure de sodium, épuisée à l'éther. Après élimination du dissolvant, on obtient une essence de couleur brun rouge, qui se prend en masse par refroidissement.

a. Partie solide. — Par recristallisation de l'essence brute dans l'éther de pétrole léger, on sépare la majeure partie de l'essence (88 %), sous forme de cristaux blancs, odorants, fondant à +50°. Ces cristaux présentent, en lumière de Wood, une fluorescence identique à celle du pæonol ou 2-*hydroxy 4-méthoxy-acétophénone*, que nous avons déjà retiré de l'essence de *Pr. Auricula* L. et dont la présence avait été signalée antérieurement dans les racines du *Pæonia Moutan* Sims.

Le corps ainsi obtenu est du pæonol; il donne une semicarbazone fondant à 250° et une oxime fondant à 131°. La déméthylation par l'acide iodhydrique (*d* 1,7), à la température du bain-marie, conduit à la 2.4-dihydroxyacétophénone ou résacétophénone F 147°; par déméthylation brutale par l'acide iodhydrique bouillant il se transforme en résorcinol F 111°.

D'autre part, par mélange avec du pæonol provenant de *Pr. Auricula* L., le point de fusion ne subit aucun changement.

b. Partie liquide. — Des eaux mères de cristallisation du pæonol dans l'éther de pétrole on retire une essence liquide de couleur brun rouge, correspondant à 12 % de l'essence brute. Son odeur est identique à celle de l'ester méthylique de l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque, partie aglucone obtenue antérieurement par hydrolyse du primevéroside du *Pr. officinalis* L (²).

Les essais suivants permettent de démontrer l'identité de l'essence liquide et de cet ester.

Cette partie liquide de l'essence est saponifiée par chauffage avec de la potasse alcoolique à 5 %. Après acidification et épuisement par l'éther, on extrait un corps de nature acide, fondant, après recristallisation dans l'eau, à 158°; donnant, avec le chlorure ferrique, une coloration rouge violet. Le mélange de ce corps avec l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque, préparé par saponification de l'essence obtenue par hydrolyse du primevéroside du *Pr. officinalis*, ne présente pas d'abaissement de point de fusion. Ce caractère, ainsi que le point de fusion et la coloration par le perchlorure de fer, nous ont paru suffisants pour démontrer l'identité de ce corps avec l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque.

Par analogie avec *Pr. officinalis*, on peut supposer que cet acide se trouve dans l'essence sous la forme d'ester méthylique provenant de l'hydrolyse du primevéroside existant dans la plante.

(²) A. Goris, Mascré et Vischniac, *Bull. Sc. Pharm.*, 19, 1912, pp. 598 et 648-670.

Il existe d'autre part dans les eaux mères de cristallisation de l'acide que nous venons de signaler; des traces d'un acide gras volatil. La quantité de cet acide malodorant contenu dans ces eaux est trop minime pour essayer de l'isoler, mais nous avons pu l'identifier en utilisant la technique de E. Duclaux. Les chiffres obtenus concordent avec ceux que cet auteur indique pour l'acide isocaproïque $C^6H^{12}O^2$. Nous n'avons pu déterminer sous quelle forme cet acide gras existe dans la plante.

En résumé, l'essence obtenue par entraînement à la vapeur d'eau des racines de *Pr. viscosa* Vill. est constituée par un mélange de 2-hydroxy 4-méthoxy-acétophénone et de l'ester méthylique de l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque.

On peut supposer que ces corps existent dans cette Primevère sous la forme d'hétérosides. Le premier correspond à l'hétéroside dont nous avons indiqué la présence dans *Pr. Auricula* Jacq. sans avoir réussi à l'isoler; le second est le primevéroside isolé de *Pr. officinalis* L. par Goris, Mascré et Vischniac.

PHARMACOLOGIE. — *Sur la rutécarpine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De tous les alcaloïdes dont la formule de constitution est aujourd'hui connue, l'évodiamine et la rutécarpine sont ceux que cette formule rapproche le plus de la yohimbine.

Yohimbine.

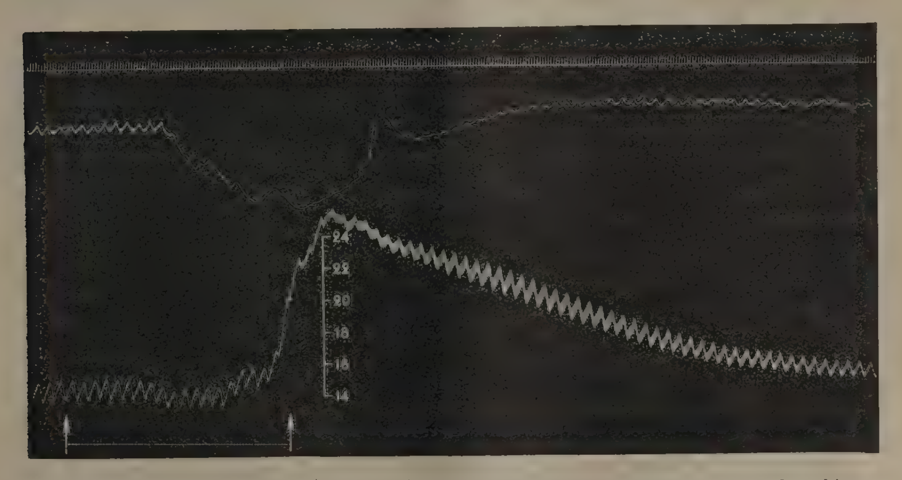
Évodiamine.

Rutécarpine.

Cependant, en dépit de son grand intérêt pharmacodynamique, la comparaison des effets physiologiques de ces trois bases n'avait pu être réalisée, par suite de l'insolubilité presque totale de l'évodiamine et de la rutécarpine dans les acides dilués et dans les solvants qu'on injecte habituellement dans les veines des animaux. Mais, quand nous eûmes découvert que ces deux alcaloïdes sont solubles dans le diméthylacétonylcarbinol, nous pûmes montrer que l'évodiamine est dépourvue du pouvoir sympathicolytique majeur de la yohimbine et que, contrairement à celle-ci, elle se montre fortement hypertensive. En est-il de même de la rutécarpine dont la formule, bien que très voisine de celle de l'évodiamine, en diffère cependant très nettement? A cette question nous

pouvons aujourd'hui répondre affirmativement, car nos expériences nous ont appris que la rutécarpine élève fortement la pression artérielle et ne peut être tenue, du moins aux doses où nous l'avons employée, pour un sympathicolytique majeur.

De ce pouvoir hypertenseur de la rutécarpine on trouve la preuve dans l'expérience qui a fourni le tracé ci-dessous, expérience où l'injection de 4^{mg} de



Expérience du 22 *octobre* 1943. — Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1° Temps en secondes. 2° Oncogramme. 3. Tensiogramme carotidien obtenu par le manomètre à mercure. Entre les points marqués par les deux flèches on a injecté très lentement dans la saphène 40^{mg} de rutécarpine en solution dans 4^{cm^3} de diméthylacétonyl-carbinol. Tracé réduit de moitié.

rutécarpine par kilogramme a provoqué, en même temps qu'une vasoconstriction rénale puissante et prolongée, une élévation forte et durable de la pression carotidienne, qui a fait passer celle-ci de 151 à 258^{mm} de Hg, à son niveau maximal.

Ainsi donc, comme ceux de l'évodiamine auxquels ils ressemblent beaucoup, les effets physiologiques de la rutécarpine sont très différents de ceux de la yohimbine. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, car s'il est vrai que ces trois alcaloïdes possèdent un squelette nucléaire pentacyclique semblable, qui comporte pour chacun d'eux un groupement tétrahydrocarbolinique, les deux noyaux (D et E) qui se copulent avec ce groupement peuvent être considérés comme isoquinoléiques pour la yohimbine, comme quinazoliques et même cétoquinazoliques pour la rutécarpine et l'évodiamine. On a ainsi une preuve nouvelle de ce que, contrairement à celles qui sont effectuées sur le noyau E de sa molécule, les substitutions qui sont opérées sur le cycle D de celle-ci entraînent une modification profonde des propriétés physiologiques de la yohimbine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les lois de la croissance de l'Hémiptère* Pyrrhocoris apterus *L.* Note de MM. **Marcel Abeloos** et **Yannick Chanu**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le développement post-embryonnaire de *Pyrrhocoris apterus* comporte 5 mues, limitant 5 âges précédant l'âge adulte. Dans des élevages poursuivis à température constante, les durées de ces âges successifs sont sensiblement égales, sauf celle du premier âge, qui est environ trois fois plus courte que les autres, et celle du cinquième (âge nymphal) qui est légèrement plus longue. Nous avons étudié, soit sur des individus élevés au laboratoire, soit sur des exemplaires capturés dans une même station, la croissance pondérale et la croissance en longueur des divers articles des antennes, des pattes et du rostre.

Croissance pondérale. — Les moyennes des poids mesurés immédiatement après chaque mue croissent sensiblement suivant une progression géométrique (en milligrammes, 0,54; 1, 44; 4,18; 11,1; 29) de raison 2,7. Le poids moyen à l'éclosion ($0^{mg},35$) se situe en dehors de cette série; mais, si l'on tient compte de la courte durée du premier âge, on constate que le taux de la croissance pondérale moyenne demeure, à température constante, remarquablement fixe durant tout le cours du développement.

Croissance linéaire. — Les longueurs des articles des appendices aux divers âges, mesurées sur les mues successives et sur les imagos, constituent également, en général, des progressions géométriques. Cependant les dimensions relatives à la première mue se placent souvent nettement en dehors de la série régulière et indiquent, pour le premier âge, un accroissement linéaire plus important qu'aux âges suivants, contrastant avec l'accroissement pondéral, qui est au contraire réduit pour le premier âge.

Le premier âge de la vie représente donc, du point de vue de la croissance linéaire, une *phase de croissance* particulière, caractérisée par le rapide allongement des appendices. On doit sans doute considérer cette phase comme une prolongation de la croissance embryonnaire. Il est à noter que la première mue peut se produire avant toute absorption de nourriture solide par le jeune. Quant aux âges suivants, leur ensemble paraît constituer une seule phase de croissance, comme la période larvaire des Insectes Holométaboles [1], qui ne lui est cependant pas homologue.

Croissance relative des appendices et de leurs articles. — La raison de la progression géométrique, représentant la croissance durant les âges qui suivent le premier, peut servir à caractériser l'activité de la croissance

---

[1] Cf. M. Abeloos, *Trav. St. Zool. Wimereux*, 13, 1938, pp. 1-16; G. Beaumont, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 331.

de chaque dimension linéaire. Pour la longueur totale des pattes, ce *taux de croissance relative* est plus élevé que celui de la racine cubique du poids, prise comme dimension linéaire moyenne du corps : la longueur relative des pattes s'accroît au cours du développement. Pour les antennes l'allongement est beaucoup moins net et pour le rostre, au contraire, la longueur relative diminue.

Les taux de croissance relative des divers articles d'un même appendice sont généralement différents. Dans les antennes le taux est maximum pour le second article et décroît, à partir de ce *centre de croissance*, en direction distale comme en direction proximale. Dans le rostre on observe un minimum très net dans le dernier (4e) article. Dans les pattes le premier article des tarses possède un taux de croissance beaucoup plus élevé que les autres articles de l'appendice. Les taux de croissance sont les mêmes pour les pattes antérieures, moyennes et postérieures. L'imago seul possède trois articles aux tarses et les mensurations permettent d'affirmer que les deux derniers articles des tarses imaginaux dérivent de la subdivision du dernier article des tarses nymphaux.

Les proportions des divers articles d'une patte se modifient avec l'âge, par conséquent avec la longueur totale de l'appendice. Le rapport du premier article du tarse au fémur, par exemple, peut être pris comme indice de ces modifications. Pour chaque paire de pattes, la longueur du premier article du tarse (t) est liée à la longueur du fémur (f) par une relation d'allométrie majorante de la forme habituelle

$$t = \mathrm{K}.f^{\alpha}.$$

Le coefficient $\alpha = 1,25$ pour les trois paires de pattes; mais le coefficient K n'est pas le même pour les pattes antérieures ($\mathrm{K} = 0,08$), moyennes et postérieures ($\mathrm{K} = 0,11$).

Si l'on compare entre eux les 18 types d'appendices que représentent les pattes antérieures, moyennes et postérieures des six âges que comporte le développement, on voit que les proportions des articles (rapport du premier tarse au fémur, en particulier) ne dépendent pas seulement de la longueur absolue de l'organe, mais aussi de sa position sur le thorax. Autrement dit, à un âge donné les pattes antérieure, moyenne et postérieure, qui diffèrent à la fois par leur longueur et les proportions des articles, ne peuvent cependant être assimilées à trois stades de développement d'un même organe. L'intervention du gradient antéro-postérieur fondamental de l'organisme dans la morphogenèse des appendices se traduit par une variation du coefficient K, tandis que le coefficient α apparaît, en raison de sa constance, comme lié au type structural de l'appendice thoracique envisagé comme *système morphogénétique* spécifique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le premier produit de transformation de l'adrénochrome au cours de la mélanisation de l'adrénaline*. Note de M. **Georges-N. Cohen**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait, depuis les travaux de Green et Richter (¹) et de Richter et Blaschko (²), que l'adrénaline se transforme par oxydation chimique ou enzymatique en adrénochrome ou 5.6-quinone du N-méthyl-3 hydroxy-indole. Ce produit étant considéré par de nombreux auteurs à juste titre comme étant le précurseur des mélanines obtenues à partir de l'adrénaline, et d'autre part ne présentant aucune possibilité de condensation avec lui-même, j'ai essayé de voir quel était son sort au cours de l'oxydation chimique plus poussée. Dans le but de retarder l'évolution de l'adrénaline vers la mélanine, afin d'essayer d'isoler des stades intermédiaires de la réaction, j'ai employé la méthode suivante : j'ai dissous l'adrénaline dans beaucoup plus d'acide acétique qu'il n'était nécessaire pour la dissolution, de manière à ce que la solution obtenue fût très acide et j'ai oxydé par addition de persulfate de potassium solide. Dans ces conditions l'adrénochrome apparaît très vite et la solution devient rouge foncé avec le temps. Alors qu'une solution à pH voisin de 8 est totalement mélanisée au bout de 40 heures, une solution préparée selon cette technique ne contient que peu de mélanines après le même temps.

Green et Richter avaient montré que l'hydrosulfite réduisait l'adrénochrome à l'état de diphénol correspondant incolore. J'ai vu que, sur une solution d'adrénochrome vieillie comme je l'ai indiqué, la réduction par l'hydrosulfite ne donnait plus naissance à un dérivé incolore, mais à un dérivé coloré en jaune. Une telle solution, réduite par une solution d'hydrosulfite, préparée extemporanément et en quantité juste suffisante pour la décoloration, additionnée d'une solution de molybdate d'ammonium, donne encore la coloration rouge orangé caractéristique des orthodiphénols pendant un certain temps, alors que les mélanines réduites ne la donnent pas. Le premier produit d'oxydation de l'adrénochrome est donc encore une orthoquinone. Si l'on examine sur quelle partie de la molécule a pu porter l'oxydation ultérieure de l'adrénochrome, la seule hypothèse qui semble plausible est la transformation de la fonction alcool secondaire en fonction cétone. Pour vérifier mon hypothèse, j'ai réduit mes solutions d'adrénochrome par l'acide thioglycolique, afin d'éviter toute action perturbatrice des groupes quinoniques, et j'ai essayé de mettre en évidence la formation de dérivés bromonitrosés des cétones, réaction étudiée par

(¹) *The Biochem. J.*, 31, 1937, pp. 596-616.

(²) *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 601.

Stock ([3]), Blumenthal et Neuberg (*Deuts. med. Woch.*, 1901, n° 1), Piloty ([4]). J'ai obtenu, avec des solutions vieillies et réduites d'adrénochrome (préparées comme indiqué ci-dessus), une réaction positive alors que des solutions fraîches réduites ne donnaient aucune réaction. Je me suis adressé ensuite à une seconde réaction étudiée par Bitto ([5]) et Denigès ([6]), modifiée par Neuberg et Kerb ([7]), qui utilise comme réactif des cétones le nitroferrocyanure de sodium et la diéthylamine. Cette réaction, effectuée sur des solutions réduites par l'hydrosulfite de sodium (l'acide thioglycolique donnant une réaction propre avec le réactif) s'est montrée positive avec les solutions vieillies, et négative avec les solutions fraîches. Cette réaction m'a permis en outre de voir qu'il y avait accumulation de fonctions cétoniques au cours de la mélanisation.

Le premier stade de l'évolution de l'adrénochrome est donc le suivant :

O=C … CHOH; O=C … CH^2; N; CH^3 → O=C … CO; O=C … CH^2; N; CH^3

Adrénochrome. → Oxo-adrénochrome.

Le corps formé est la 5.6-quinone du N-méthyl-indoxyle, que j'appellerai pour plus de simplicité *oxo-adrénochrome*. Ce corps donne encore, une fois réduit, comme l'adrénochrome (le fait n'a jamais été relevé à propos de ce dernier) une réaction d'Ehrlich positive avec le *p*-diméthylamino-benzaldéhyde, alors que les mélanines réduites ne la donnent plus.

BACTÉRIOLOGIE. — *Mesure de la thermogénèse des Bactéries*. Note de MM. ÉDOUARD CALVET, JEAN FRICKER et HENRI PRAT, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Nous avons exposé précédemment les observations effectuées par deux d'entre nous ([1]) sur la thermogenèse des germinations. Les bons résultats que nous en avons obtenus nous ont incités à étendre nos recherches et à appliquer la même méthode microcalorimétrique à l'étude des cultures bactériennes, ce qui n'avait pas été fait jusqu'à présent.

([3]) *Thèse*, Berlin, 1889.
([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, **35**, 1902, p. 3099.
([5]) *Liebig's Ann.*, **267**, 1892, p. 372; **269**, 1892, p. 377.
([6]) *Bull. Soc. Chim.*, **15**, 1896, p. 1058; **17**, 1897, p. 381.
([7]) *Bioch. Zeitschr.*, **47**, 1912, pp. 409, 415, 420.

([1]) H. PRAT et E. CALVET, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 944.

Dans nos expériences, nous avons opéré sur 8^{cm^3} de bouillon de viande peptoné, de composition toujours identique, puisque conservé en tubes scellés au chalumeau, et ensemencé avec $0^{cm^3},1$ d'une émulsion de *Proteus vulgaris* en sérum physiologique, titrant 6 milliards de germes par centimètre cube. L'expérience étant faite à 17°, on observe au bout de quelques heures une thermogénèse d'abord très lentement croissante et qui arrive à son maximum environ 24 heures après l'ensemencement. A ce moment le débit calorifique atteint 0,16 cal/heure pour la masse indiquée. Puis la thermogénèse décroît rapidement et s'annule en 4 heures environ.

Lorsqu'on opère dans les mêmes conditions, mais en concentrant le bouillon par évaporation, on observe que le maximum de la thermogénèse est réalisé plus tard et qu'il est plus élevé. Par exemple, en concentrant de moitié, le maximum est atteint au bout de 42 heures et présente une valeur de 0,3 cal/h.

Il semble donc que cette thermogénèse dépende des éléments nutritifs présents dans le milieu. Quand on fournit aux Bactéries une plus grande quantité d'aliments, leur thermogénèse est plus prolongée et plus forte. La marche de la thermogénèse dépend des conditions de l'ensemencement. Si l'on ensemence avec une émulsion plus diluée, titrant par exemple 10 millions de germes au centimètre cube, soit 600 fois moins que précédemment, le maximum de thermogénèse n'est atteint qu'au bout de 52 heures en bouillon ordinaire non concentré, mais on peut noter que ce maximum est le même, soit 0,16 cal/h que précédemment. Le résultat final n'est donc pas modifié et la quantité de chaleur dégagée est la même, car elle dépend seulement du matériel nutritif disponible. La thermogénèse est seulement plus tardive par suite du nombre plus réduit de germes servant de point de départ à la culture.

On voit donc que la microcalorimétrie microbienne permet d'étudier les variations de l'activité d'un germe donné en fonction des conditions de milieu et d'ensemencement. Elle paraît donc susceptible de rendre d'appréciables services dans les recherches bactériologiques.

MICROBIOLOGIE. — *L'influence du milieu sur l'intensité du métabolisme respiratoire des polynucléaires.* Note de Mlle **Jacqueline Pages** et M. **Albert Delaunay**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le métabolisme respiratoire des polynucléaires, examiné au moyen de l'appareil de Warburg, varie avec la composition du milieu dans lequel sont placées les cellules. Le tableau suivant indique son intensité en fonction des liquides de suspension que nous avons utilisés. Les chiffres donnés correspondent à la quantité d'O^2 (exprimée en millimètres cubes) consommée par

heure et par million de cellules (¹). Les leucocytes provenaient d'exsudats péritonéaux provoqués chez le Cobaye par injection de bouillon stérile. Ils étaient lavés, à deux reprises, avant examen, avec la solution de Ringer:

	Intensité du métabolisme respiratoire.	
Liquides de suspension utilisés.	Moyenne de nos résultats.	Chiffres extrêmes obtenus.
Ringer tamponné (par adjonction de bicarbonate)........	0,28	0,24-0,30
Sérums frais de Cobaye..................................	0,56	0,31-0,77
Sérums frais de Cobaye dilués au 1/10 en Ringer.........	0,37	0,17-0,64
Sérums frais de Cobaye chauffés 1 heure à 56°...........	0,35	0,25-0,52
Sérums frais de Cobaye chauffés 1 heure à 56° puis dilués au 1/10 en Ringer......................................	0,19	0,11-0,23
Vieux sérums de Cobaye (1 mois) dilués au 1/10 en Ringer..	0,22	0,20-0,25

En nous basant sur les observations que nous avons pu faire au cours de nos recherches, nous accompagnerons ce tableau des commentaires suivants.

a. Nous avons vu tout d'abord qu'en Ringer tamponné, les leucocytes respirent de façon plus régulière qu'en Ringer non tamponné; sans doute parce que, dans ce cas, le pH de la solution (7,5) varie peu pendant toute la durée de l'expérience (1 heure). Au contraire le pH de la solution de Ringer non tamponné baisse régulièrement (7,5 → 5) pendant la même période. Cette acidification paraît due à l'apparition d'acide lactique dans le milieu, acide résultant lui-même de la transformation du glycogène normalement présent dans les leucocytes d'exsudat. Les polynucléaires s'altèrent rapidement dans des solutions dont le pH est inférieur à 7.

b. Les leucocytes respirent plus intensément lorsqu'ils sont maintenus dans du sérum de Cobaye pur ou dilué au 1/10 que lorsqu'ils sont placés dans du Ringer même tamponné. Ce fait ne saurait surprendre, car, de toute évidence, le milieu sérique est beaucoup plus physiologique que la solution de Ringer. Il a d'ailleurs été mentionné déjà dans un travail récent de Macleod et Rhoads (²).

c. Mais, fait absolument nouveau à notre connaissance, nous avons constaté en outre que des sérums gardés à la glacière depuis quelques semaines ou des sérums frais chauffés une heure à 56° perdent une partie de leur action favorisante sur le métabolisme respiratoire des polynucléaires (voir le tableau). Selon nous, il faut expliquer l'amoindrissement du pouvoir leuco-activant de ces sérums par la perte du complément. Différentes recherches en effet nous ont déjà montré que le complément joue un rôle important dans la physiologie des leucocytes : par exemple, en son absence, il ne peut y avoir de tactisme leuco-

(¹) Cette méthode de mesure à déjà été utilisée par Ponder et Macleod (*Am. J. Physiology*, **128**, 1938, p. 420).

(²) *Proceed. Soc. exp. Biol. a. Med.*, **41**, 1939, p. 268.

cytaire *in vitro*, et, lors de la phagocytose, nous avons pu voir que le complément se montre capable de stimuler directement les phagocytes. Les résultats contenus dans cette Note laissent penser que le même complexe peut renforcer également les oxydations respiratoires de ces cellules.

Nous étudions actuellement l'intensité comparée de la fermentation lactique (glycolyse aérobie et glycolyse anaérobie) des leucocytes en l'absence ou en présence de sérum avec ou sans complément. D'autre part nous recherchons si le complément se comporte, aussi, comme un excitant pour les autres cellules de l'organisme.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *J.-L. Faure :*

En première ligne............ M. **René Leriche.**

En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*........ MM. **Louis Bazy.** **Maurice Chevassu.** **Henri Mondor.** **Clovis Vincent.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h15m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 6 mars 1944.)

Note de M. *D. Genkin*, Sur la théorie de la machine à souder par points au moyen de la décharge d'un condensateur :

Page 394, ligne 7, *au lieu de* en définitif, *lire* en définitive;
ligne 7 en remontant, au dénominateur de la première formule, *au lieu de* L_4^2, *lire* L_2^4;
ligne 3, en remontant, au numérateur, *au lieu de* R^2, *lire* R_2.